

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

CARACTERIZAÇÃO BOTÂNICA E FÍSICO-QUÍMICA DO
MEL E PÓLEN DOS MELIPONÍNEOS E PÓLEN DE
Apis mellifera scutellata LEPELETIER NA MESORREGIÃO
NORTE PARANAENSE

Autor: José Elton de Melo Nascimento
Orientador: Prof. Dr. Vagner de Alencar A.de Toledo

MARINGÁ
Estado do Paraná
abril – 2020

CARACTERIZAÇÃO BOTÂNICA E FÍSICO-QUÍMICA DO
MEL E PÓLEN DES MELIPONÍNEOS E PÓLEN DE *Apis
mellifera scutellata* LEPELETIER NA MESORREGIÃO
NORTE PARANAENSE

Autor: José Elton de Melo Nascimento
Orientador: Prof. Dr. Vagner de Alencar Arnaut de Toledo
Co-orientadora: Prof^ª. Dra. Favízia Freitas de Oliveira

Tese apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de DOUTOR EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá - Área de concentração Produção Animal.

MARINGÁ
Estado do Paraná
abril – 2020

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá - PR, Brasil)

N224c

Nascimento, José Elton de Melo

Caracterização botânica e físico-química do mel e pólen dos meliponíneos e pólen de *Apis mellifera scutellata* Lepeletier na mesorregião norte paranaense / José Elton de Melo Nascimento. -- Maringá, PR, 2020.

103 f.: il. color., figs., tabs., maps.

Orientador: Prof. Dr. Vagner de Alencar Arnaut de Toledo.

Coorientadora: Profa. Dra. Favízia Freitas de Oliveira.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2020.

1. Meliponicultura . 2. Mel - Valor nutricional. 3. Apicultura . 4. Pólen . 5. Flora apícola .
I. Toledo, Vagner de Alencar Arnaut de, orient. II. Oliveira, Favízia Freitas de, coorient. III. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias. Departamento de Zootecnia. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. IV. Título.

CDD 23.ed. 638.12

Márcia Regina Paiva de Brito - CRB-9/1267



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

CARACTERIZAÇÃO BOTÂNICA E FÍSICO-QUÍMICA DO
MEL E PÓLEN DE MELIPONÍNEOS E PÓLEN DE *Apis
mellifera scutellata* Lepeletier NA MESORREGIÃO NORTE
PARANAENSE

Autor: José Elton de Melo Nascimento
Orientador: Prof. Dr. Vagner de Alencar Arnaut de Toledo

TITULAÇÃO: Doutor em Zootecnia - Área de Concentração Produção
Animal

APROVADO em 15 de abril de 2020.

Maria Claudia C.R. Takasusuki

Prof^ª Dr^ª Maria Claudia Colla
Ruvolo Takasusuki

Prof^ª Dr^ª Regina Conceição
Garcia

Prof. Dr. Diogo Francisco Rossoni

Prof^ª Dr^ª Maria Auxiliadora
Milaneze Gutierrez

Prof. Dr. Vagner de Alencar Arnaut de Toledo
Orientador

Adeus

Estou deixando minha casa querida
Ea minha terra amada
Para a fumegante Bengala eu vou
Para orlas longinquas.

Estou deixando meus velhos amigos
Renunciando à família e ao lar
Meu coração me impele avante
A servir ao meu Cristo.

Adeus, Ó mãe querida
Que Deus esteja com todos vocês
Um Poder Mais Alto me compele
Em direção à tórrida Índia.

O navio avança lentamente
Cortando as ondas do mar,
Enquanto meus olhos se voltam pela última vez
Para o querido litoral da Europa.

Madre Teresa de Calcutá

“Lendo esses versos no livro da Madre Tereza, senti que iria passar no doutorado na Uem e que Maringá seria a nova terra longínqua, onde iria
morar”

A Deus, aos meus pais José Avelino do Nascimento e Maria Aparecida de Melo Nascimento, a minha amada avó materna Raimunda Mota, aos meus irmãos, amigos e professores.

Com amor, dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, razão da minha existência, esperança, fonte de sabedoria. Sem ele, não teria nenhuma palavra aqui escrita.

À Universidade Estadual de Maringá, em especial o Departamento de Zootecnia, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia.

A CAPES pela concessão da bolsa.

Ao meu orientador Prof. Dr. Vagner de A. A de Toledo pela orientação, ensinamentos acadêmicos, amizade, apoio e além da confiança que ao longo do destes anos me deixou-me livre para fazer parcerias e adicionar análises e informações que pudessem contribuir para esse trabalho.

A minha co-orientadora Prof^a Favízia Freitas de Oliveira pelo companheirismo, identificações das espécies e idéias que contrubuíram para elaboração este trabalho.

Aos meus pais José Avelino do Nascimento e Maria Aparecida de Melo Nascimento, que fruto desse amor nasceram 15 filhos da família Melo (Elizabete de Melo, Francisco Emerson de Melo, Antônio Edivaldo de Melo, Maria Elizene Melo, Ednaldo de Melo, Ednardo de Melo, Francisco Elionardo de Melo, Maria Elanea, Raimunda Nonata de Melo, Edilene de Melo e Tiago de Melo), mesmo diante das dificuldades enfrentadas, sempre nos ensinaram a trabalhar e estudar, mas, acima de tudo nos repassaram valores que levarei comigo por toda vida.

Ao Laboratório de Ciências de Alimentos da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo (USP), na pessoa da professora Lidia Muradian e o laboratorista Elias da Silva, pela realização de várias análises de composição físico-química das amostras de mel.

Ao Departamento de Biologia na pessoa da professora Maria Auxiliadora, atual curadora do Herbário da Universidade Estadual de Maringá (HUEM) pela

colaboração das identificações das plantas.

À bióloga Greta Aline Dettke do herbário da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus do Campo Mourão, pelas identificações e confirmações das espécies botânicas identificadas.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UEM, pelos ensinamentos em especial ao professor Leandro Castilha e Ricardo Vasconcelos, pelas importantes sugestões para o enriquecimento desse trabalho.

Aos funcionários da Fazenda Experimental de Iguatemi em especial ao Vicente Mendes Baleiros, Valter Mantolvane e Ailton Felipe da Silva pela disposição de sempre me ajudar.

Ao professores Alípio Pacheco e Diogo Rossoni pela realização da estatística deste trabalho.

À Solange Iung, pela dedicação e competência em assuntos relacionados ao PPZ.

Ao meliponicutor Alexandre Sousa, pelo empréstimo colônias de borá.

À Kariny Moreira que incansavelmente pelo auxílio constante, desde o início do experimento até o momento desta escrita.

Ao Estagiário Luis Gustavo de Sousa que esteve presente me ajudando tanto nas coletas de campo como nas análises de laboratório.

Aos integrantes da banca de defesa, pelas valiosas sugestões que certamente irão enriquecer o presente trabalho.

A toda equipe do Grupo de Pesquisa com abelhas (GPBee) em especial à Priscila Wielewski, que foi a primeira pessoa a me dar dicas de como manejar as colônias dos meliponíneos e aos estagiários, Isabela Ambrosio, Alana Barros, Lara Delmonico, Wendy Guadalín e demais membros do grupo Sandra Puentes, Jessica Camargo, Lilian Gavazzoni, Alessandra Benites, Cinthia Leão, Gustavo Henrique Pereira, José Washington, Douglas Galhardo, Pedro Rosa, Cláudio Silva, Tuan Henrique.

Aos meus amigos Venício Carvalho, Divaney Mamedio, Kleves Almeida, Sillas Mayron Siva, pelo companherismos em dividir o mesmo lar durante dois anos.

E a todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

JOSÉ ELTON DE MELO NASCIMENTO, filho de José Avelino do Nascimento (agricultor) e de Maria Aparecida de Melo Nascimento (professora), nasceu em Meruoca, Ceará, Brasil, no dia 18 de maio de 1985. Trabalhou na lavoura, com o pai e os 13 irmãos, e estudou sempre em escola pública, concluindo o ensino médio aos 22 de idade. cursou graduação em letras (inglês) até o quarto período, ingressando em 2008 no curso de Zootecnia. Em julho de 2013, concluiu o curso de graduação em Zootecnia, pela Universidade Estadual Vale do Acaraú. Em abril de 2014, iniciou o mestrado no Programa de Pós Graduação em Zootecnia, na Universidade Federal do Ceará, área de abelhas e polinização, realizando sua dissertação sobre análises botânicas e valor nutricional de produtos apícolas, flora nativa e produção de pólen apícola, defendida no dia 22 de março de 2016. Em março de 2017, iniciou no Programa de Pós Graduação em Zootecnia, em nível de Doutorado, na Universidade Estadual de Maringá, área de concentração Produção Animal com abelhas, sob orientação do Professor Dr. Vagner de A. A de Toledo.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELA.....	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
RESUMO.....	2
ABSTRACT.....	3
I – INTRODUÇÃO GERAL.....	1
1.0. Histórico, distribuição e organização dos meliponíneos	1
1.1. A meliponicultura no Brasil.....	3
1.2. Flora meliponícola.....	5
1.2.1. Valor nutricional do mel.....	7
1.2.2. O pólen	8
1.2.3. A Própolis e Geoprópolis	8
2.0 Referências	10
II - OBJETIVOS GERAIS.....	22
III - OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22
IV - Aspectos produtivos, bionômicos, origem botânica, composição nutricional e físico-química do mel de quatro espécies de meliponíneos	23
Resumo:	23
1. Introdução	24
2. Material e métodos	25
3. Resultados	31
4. Discussão	41
5. Conclusão	45
6. Referências	46
V. Origem floral, composição físico-química do pólen utilizado por meliponíneos e <i>Apis mellifera</i> LEPELETIER. no sul do Brasil	58
Resumo	58
1. Introdução	59
2. Material e métodos	60
3. Resultados	64
4. Discussão	73
5. Conclusão	75
6. Referências	76
Cosiderações finais	85

LISTA DE TABELAS

Página

Tabela 1- Dados meteorológicos município de Maringá-PR (fonte: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais –INPE).....	61
--	----

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 - Número e porcentagem de gêneros de espécies de meliponíneos (242 espécies) com ocorrência no Brasil.....	3
Figura 2 - Espécies de Meliponíneos coletando recursos florais. A, B, D, E, F, G, H, I, (abelhas do gênero <i>Melipona</i>) C (<i>Scaptotrigona bipunctata</i>)..	6
IV Aspectos produtivos, bionômicos, origem botânica, composição nutricional e físico-química do mel de quatro espécies de meliponíneos.....	23
Figura 1- Mapa de localização do meliponário da Fazenda Experimental Iguatemi –Universidade Estadual de Maringá em amarelo perimento de voo estimado das espécies estudadas.....	26
Figura 2- Medidas e volume (mL) dos potes de mel das abelhas nativas sem ferrão: M. marg= <i>Melipona (Eomelipona) marginata</i> ; M. quad= <i>Melipona (Melipona) quadrifasciata</i> ; S. bip= <i>Scaptotrigona bipunctata</i> ; T. clav= <i>Tetragona clavipes</i> . Os valores são representados em mediana (Md) e a,b e c, indicam valores médios significativamente diferentes (P <0,05).....	32
Figura 3- Comparação das medidas (altura, diâmetro, espessura e volume de mel) dos potes de mel das espécies (a) <i>Scaptotrigona bipunctata</i> (b) <i>Tetragona clavipes</i> entre as estações verão e outono.....	33

Figura 4 – Correlação de Sperman entre as variáveis estudadas nos potes de mel, altura, diâmetro, espessura, volume: (a) *Melipona (Eomelipona) marginata* (b) *Melipona (Melipona) quadrifasciata* durante o outono; (c) *Scaptotrigona bipunctata* (d) *Tetragona clavipes* no verão e no outono..... 34

Figura 5 - Aspectos produtivo das espécies de Meliponíneos (a) Volume total de mel (b) Peso do mel (c) Produção de própolis ou geoprópolis (Meliponas): M. marg= *Melipona (Eomelipona) marginata*; M. quad= *Melipona (Melipona) quadrifasciata*; S. bip= *Scaptotrigona bipunctata*; T. clav= *Tetragona clavipes*. Os valores são representado em mediana (Md) e a,b e c indicam valores medianos significativamente diferentes ($P < 0,05$)... 36

Figura 6- Famílias botânicas encontradas no mel da *Melipona (Eomelipona) marginata*; *Melipona (Melipona) quadrifasciata*; *Scaptotrigona bipunctata*; *Tetragona clavipes*..... 36

Figura 7 - Diagrama (Tilia e Tilia Graph software version 2.1.1) e CONISS software (Grimm 1987) das porcentagens totais dos grãos de pólen suas respectivas espécies, por hábito vegetal e semelhanças, encontrado no mel produzido por *Melipona (Eomelipona) marginata*; *Melipona (Melipona) quadrifasciata*; *Scaptotrigona bipunctata*; *Tetragona clavipes*. Durante as estações verão e outono..... 37

Figura 8 - Alguns tipos polínicos encontrados nos méis das abelhas sem ferrão- (a, b) *Croton floribundus* Spreng. Detalhes da ornamentação (c) *Psidium guajava* L. (d) *Serjania laruotteana* Cambess. (e) *Amaranthus hybridus* L. (f) *Eucalyptus robusta* Sm. (g) *Raphanus raphanistrum* L.– Visão polar e equatorial (h) *Mimosa caesalpinifolia* Benth. (i) *Leucaena leucocephala* (Vaill.) Lam. (j) *Albizia niopoides* (Spruce ex Benth.) (l) *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex DC.) Mattos..... 38

Figura 9 - Análise nutricional das amostras de mel coletados no outono e verão das abelhas nativas sem ferrão M. marg= *Melipona (Eomelipona)*

marginata; M. quad= *Melipona (Melipona) quadrifasciata*; S. bip= *Scaptotrigona bipunctata*; T. clav= *Tetragona clavipes*, com relação à (a) Matéria seca; (b) Matéria mineral; (c) Proteína bruta ;(d) Frutose ;(e) Glicose; (f) pH..... 39

Figura 10 - Espectrofotometria por dispersão em energia (EDS). Figuras 10A e B- Espectro do mel *Scaptotrigona bipunctata* e *Tetragona clavipes*, respectivamente, durante o verão. Figuras C, D, E e F representam espectros do mel de *Melipona (Eomelipona) marginata*, *Melipona (Melipona) quadrifasciata*, *Scaptotrigona bipuncta* e *Tetragona clavipes*, coletado no outono. No eixo X, a dispersão de energia e no Y, a quantidade de energia (unidade). Ao centro de cada gráfico estão apresentadas as porcentagens referentes aos elementos químicos encontrados no mel..... 40

Figura 11 – - a- Colorímetro (HANNA INSTRUMENTS mod. C221) Os resultados estão em proporções de colônias. b- Sistema de cores CIELAB em amostras de mel de M. marg= *Melipona (Eomelipona) marginata*; M. quad= *Melipona (Melipona) quadrifasciata*; S. bip= *Scaptotrigona bipunctata*; T. clav= *Tetragona clavipes*. Os resultados estão representados para as duas estações (verão e outono). a, b e c representam os valores médios significativamente diferentes ($P < 0,01$) para L^* . A e B representam os valores médios significativamente diferentes ($P < 0,01$) em relação a b^* . Os valores representam a média de três medições em cada amostra..... 41

V Origem floral, composição físico-química do pólen utilizado por meliponíneos e *Apis mellifera scutellata* no sul do Brasil..... 58

Figura 1 - Plantas utilizadas como fonte de pólen por abelhas *Apis mellifera scutellata*, *Tetragona clavipes*, *Melipona (melipona) quadrifasciata*, *Melipona (Eomelipona) marginata* e *Scaptotrigona bipunctata* durante ciclo de um ano 65

Figura 2 - Análise físico-química do pólen coletado pelas espécies Apis= *Apis mellifera scutellata*; T. clav= *Tetragona clavipes*; M. quad= *Melipona (Melipona) quadrifasciata*; M. marg= *Melipona (Eomalipona) marginata*; S. bip= *Scaptotrigona bipunctata* (a) proteínas bruta (b) Matéria seca (c) Matéria mineral (d) Energia bruta, valor total e ao longo do ano. a, b, c, de valores médios significativamente diferentes (P <0,01)..... 68

Figura 3 - Correlação de Spearman entre os valores nutricionais do pólen Apis= *Apis mellifera scutellata*; T. clav= *Tetragona clavipes*; M. quad= *Melipona (Melipona) quadrifasciata*; M. marg= *Melipona (Eomalipona) marginata*; S. bip= *Scaptotrigona bipunctata* proteínas bruta (Pb) Matéria seca (Ms) Matéria mineral (Mm) Energia bruta (Eb)..... 69

Figura 4 - Correlação entre dados meteorológicos (MS= matéria seca e umidade; prec.=precipitação; Tra.Max=Teperatura máxima; Tra.Min.= Temperatura mínima) nas espécies Apis= *Apis mellifera scutellata*; T. clav= *Tetragona clavipes*; M. quad= *Melipona (Melipona) quadrifasciata*; M. marg= *Melipona (Eomalipona) marginata*; S. bip= *Scaptotrigona bipunctata*..... 70

Figura 5- Analise colorimétrica, sistema de cores CIELAB no pólen de Apis= *Apis mellifera scutellata*; T. clav= *Tetragona clavipes*; M. quad= *Melipona (Melipona) quadrifasciata*; M. marg= *Melipona (Eomalipona) marginata*; S. bip= *Scaptotrigona bipunctata*. a, b, c, de valores médios significativamente diferentes (P <0,01)..... 72

Figura 6- Analise colorimétrica, sistema de cores CIELAB no pólen das espécies Apis= *Apis mellifera scutellata*; T. clav= *Tetragona clavipes*; M. quad= *Melipona (Melipona) quadrifasciata*; M. marg= *Melipona (Eomalipona) marginata*; S. bip= *Scaptotrigona bipunctata* ao longo do ano..... 72

RESUMO

Caracterização botânica e físico-química do mel e pólen dos meliponíneos e pólen de *Apis mellifera scutellata* Lepeletier na mesorregião norte paranaense

Tendo em vista a diversidade de meliponíneos e a presença da espécie *A. mellifera scutellata* (africanizada) em toda extensão territorial do Brasil, a meliponicultura e apicultura surgem como uma grande oportunidade para a geração de renda aos pequenos e grandes produtores, principalmente, pelo comércio do mel e outros coprodutos das abelhas. Para a realização desse estudo foram utilizadas quatro espécies de abelhas nativas sem ferrão e africanizada (cinco colônias por espécie): *M. (Eomelipona) marginata*, *M. (Melipona) quadrifasciata*, *S. bipunctata* e *T. clavipes*, na Fazenda Experimental Iguatemi, no período de junho de 2018 a maio de 2019. Nesse contexto, foram analisados os padrões estruturais dos potes de mel nas colmeias, produção de mel, própolis e geoprópolis e a composição nutricional e físico-química do mel dos meliponíneos. Paralelamente foram analisados a composição, a origem botânica, os aspectos nutricionais e a cor do pólen das espécies nativas sem ferrão africanizada. Identificamos diferenciação no padrão de construção e na estrutura dos potes de mel entre as espécies de meliponíneos. Na avaliação da capacidade produtiva, a *T. clavipes* e a *S. bipunctata* apresentaram maiores valores (982mL e 388mL, respectivamente). Em relação à origem botânica do mel, foram produzidos méis monofloral e polifloral, ao todo encontramos 43 tipos polínicos, de plantas dos mais diversos hábitos de crescimento. No mel produzido por essas abelhas foram detectados níveis de matéria seca de 50 a 65 %, com maiores valores para *T. clavipes*. Este por sua vez, também se mostrou com uma percentagem maior de proteína e baixo teor de açúcares. E em relação à cor das amostras de mel dos meliponíneos, foram classificadas como âmbar extra claro e âmbar claro. Com relação às fontes de pólen, a espécie africanizada e *T. clavipes* foram mais generalistas quando comparadas às melíponas e *S. bipunctata*. Porém, o tipo polínico *Eucalyptus robusta* esteve presente na dieta de todas as espécies, como uma importante fonte de pólen. A porcentagem da proteína bruta do pólen das espécies *M. quadrifasciata* ($27,05 \pm 8,00\%$) e *M. marginata* ($23,95 \pm 6,41\%$) apresentaram valores maiores que as demais espécies. Os valores de matéria mineral variaram de 2,78 a 4,08 % entre as espécies de abelhas. Também verificamos que a cor do pólen variou ao longo do ano, dependendo do tipo de flora utilizada. Assim, concluímos que os meliponíneos constroem potes de mel com variações entre as espécies, e seguem um padrão na construção independente da estação. A *S. bipunctata* apresentou maior capacidade de armazenar própolis e, dentre as melíponas, a *M. quadrifasciata* em estocar geoprópolis. Características nutricionais e físico-químicas do mel e pólen podem sofrer alterações ao longo das estações, sendo estas influenciadas pela origem botânica das fontes de néctar e pólen por elas utilizadas, pois esses insetos mostraram-se generalistas quanto à coleta de recursos tróficos.

Palavras-chave: Meliponicultura, Apicultura, Sustentabilidade, Produtividade, Caracterização do mel, Valor nutricional do pólen

ABSTRACT

Botanical and physico-chemical characterization of honey and pollen from meliponines and pollen from *Apis mellifera scutellata* Lepeletier in the northern mesoregion of Paraná

Considering the diversity of meliponines and the presence of the species *Apis mellifera* (africanized) in all territorial extension of Brazil, meliponiculture and beekeeping appear as a great opportunity for income generation for small and large producers, mainly through the honey market and other co-products of bees. To carry out this study, five species (five colonies per species) of stingless bees were used *M. (Eomelipona) marginata*, *M. (Melipona) quadrifasciata*, *S. bipunctata*, *T. clavipes* and africanized at Fazenda Experimental de Iguatemi from June 2018 to May 2019. In this context, the structural patterns of honey pots, honey production, propolis and geopropolis and the nutritional and physical-chemical composition of honey from meliponines were analyzed. At the same time, the composition, botanical origin, nutritional aspects and pollen color of stingless bees and africanized were analyzed. It was identified differentiation in the construction pattern and in the structure of the honey pots between the species of meliponines. In the evaluation of productive capacity, *T. clavipes* (982mL) and *S. bipunctata* (388mL) presented higher values. Regarding the botanical origin of honey, monofloral and polyfloral honey were produced, we found 43 pollen types in the most diverse plant habits. The honey produced by these bees was detected dry matter levels of 50 to 65%, with higher values for *T. clavipes*, and a higher percentage of protein and low sugar content. Regarding the honey color of the meliponines, they were classified as extra light amber and light amber. As a source of pollen, the specie africanized and *T. clavipes* were more general when compared to other meliponines and *S. bipunctata*. However, *Eucalyptus robusta* was present in the diet of all species as an important source of pollen. The percentage of crude protein from pollen of the species *M. quadrifasciata* ($27.05 \pm 8.00\%$), *M. marginata* ($23.95 \pm 6.41\%$) showed higher values than other species. And the mineral matter values ranged from 2.78 to 4.08 among bee species. We also found that the color of the pollen varies throughout the year, depending on the type of flora used. Thus we conclude that the meliponines build jars of honey with variations between species and follow a pattern in the construction regardless of the season. *S. binpuctata* presented greater capacity to store propolis, and *M. quadrifasciata* to store geopropolis. Nutritional and physico-chemical characteristics of honey and pollen, can change over the seasons, being influenced by the botanical origin which they used as a source of nectar and pollen, as these insects proved to be generalists regarding the collection of trophic resources.

Key words: Meliponiculture, Apiculture, Sustainability, productivity, Characterization of honey, Nutritional value of pollen.

I – INTRODUÇÃO GERAL

1.0. Histórico, distribuição e organização dos meliponíneos

As abelhas, provavelmente originaram há mais de 100 milhões de anos, em Gondwana, e posteriormente se distribuíram no Novo Mundo e Velho Mundo (Jones 2013). Os povos primitivos utilizavam seus produtos, principalmente o mel, e seus derivados, como o cerume, constituído pela mistura de cera com resina, sendo os egípcios considerados os primeiros apicultores, uma vez que em 2.400 a.C. criavam abelhas em colmeias de barro (Ballivián 2008; Rasmussen e Cameron 2009; Jones 2013).

Antes da colonização europeia e da introdução da espécie *Apis mellifera* L. pelo mundo nos continentes Americano e Australiano só existiam as abelhas sem ferrão, e as populações as utilizavam como fonte de cerume e mel, e dessa forma surgiu a meliponicultura (Jones 2013) e a necessidade de separar as espécies de acordo com suas características morfológicas. As espécies de abelhas sem ferrão, a princípio, foram organizadas taxonomicamente em duas principais tribos: Trigonini e Meliponini, para tornar didático o entendimento (Moure 1961).

Porém, questionada por estudos filogenéticos, passou a não ser mais aceita pela maioria dos taxonomistas (Oliveira et al. 2013). Somente em 2007, com estudos do professor Michener, houve uma nova classificação, os meliponíneos (família Apidae, subfamília Apinae) constituem somente uma tribo, a Meliponini, sendo essa mais aceita e usada até o momento.

Estima-se que existam cerca de 400 espécies nominais válidas de abelhas sem ferrão que podem ser encontradas em regiões, tropicais e subtropicais, como na Austrália, América do Sul, África e Malásia, sendo que 330 delas são endêmicas do Brasil, com cerca de 250 identificadas (Oliveira et al.2013). No entanto, são descritas

para essas regiões com espécies válidas somente 418 espécies distribuídas em 33 gêneros, com maior representatividade, o gênero *Melipona* (17,7%), exclusivamente neotropical (Pedro 2014).

As abelhas sem ferrão formam o grupo das menores abelhas produtoras de mel e são insetos altamente sociais que vivem em colônias permanentes (Nogueira-Neto 1997). Estas, constroem seus ninhos nos mais diversos locais como, paredes antigas com fretas, troncos, fendas e outros locais ocultos, embora os mais frequentes sejam as cavidades preexistentes, tais como buracos nos solos, tapumes, frestas de muros e cupinzeiros com perfurações, próximos de ninhos de abelhas bastantes defensivas, podendo também existir ninhos expostos ou semiexpostos (Danaraddi 2007; Oliveira et al. 2013; Wang et al. 2018).

São conhecidas popularmente como abelhas sem ferrão pela ausência de um ferrão funcional uma vez que possuem ferrão atrofiado (Danaraddi 2007). Elas desenvolveram vários outros mecanismos de defesa, mordendo com as mandíbulas, depositando resina para imobilização do inimigo, entrando no nariz, ouvidos e olhos do invasor, enroscando-se no cabelo e produzindo odores desagradáveis, em algumas espécies (Wang et al. 2018).

Os ninhos desses insetos são muito organizados e estruturados, com divisões bem marcantes para a maioria dos meliponíneos, como favos de crias e potes de alimentos (mel e pólen), além de entradas bem características de cada espécie. Geralmente, no entorno dos favos de cria existe um conjunto de membranas denominadas de invólucro que ajuda na proteção térmica na área de cria (Nogueira-Neto 1997).

Os potes de alimentos utilizados para armazenamento, geralmente são em formato de pequenas a grandes esferas, ou até mesmo cônicos ou cilindros. Estes, por sua vez, podem ser encontrados de vários tamanhos e espessuras muitos deles cheios, com uma pequena quantidade de alimento ou até mesmo vazios. São cercados por batume, constituído por uma ou várias camadas de cera misturada com resina ou lama (Michener 2007).

Antes da reprodução nos meliponíneos, as operárias constroem uma célula de cria, depositando alimento larval até aproximadamente 75% da sua capacidade, adicionando secreções glandulares regurgitadas por várias operárias. Após esse comportamento, a rainha inicia a postura, ficando imóvel diante da célula escolhida e, imediatamente a seguir, essa célula é fechada pelas operárias (Freitas 2003; Koedan 2017). Assim, essas células de cria ficam fechadas aproximadamente 40 dias até o nascimento do indivíduo.

Em colônias estabelecidas e com condições favoráveis (estoque de alimento e população elevada) essa colônia tende a se dividir. Para tanto, as operárias da colônia mãe saem à procura de um lugar favorável para se estabelecer e formar um novo ninho. No entanto, as operárias não deixam o vínculo e carregam alimento e materiais para a construção, como cera, própolis e cerume, até que eventualmente esse contato cesse e a nova colônia se torne independente (Roubik 2006; Koedan 2017).

1.1. A meliponicultura no Brasil

O interesse na meliponicultura vem se destacando nos últimos dez anos, no cenário nacional. A apifauna é bastante diversificada, sendo que, somente em 2014, foi computada a existência de um total de 242 espécies (nomes válidos) de meliponíneos no Brasil (**Fig. 1**), agrupadas em 29 gêneros, destacando-se o gênero *Melipona*, com a existência de pelo menos 85 novas espécies a serem descritas (Pedro 2014). Existe também uma urgente necessidade de estudos sobre a taxonomia relacionada a esses meliponíneos.

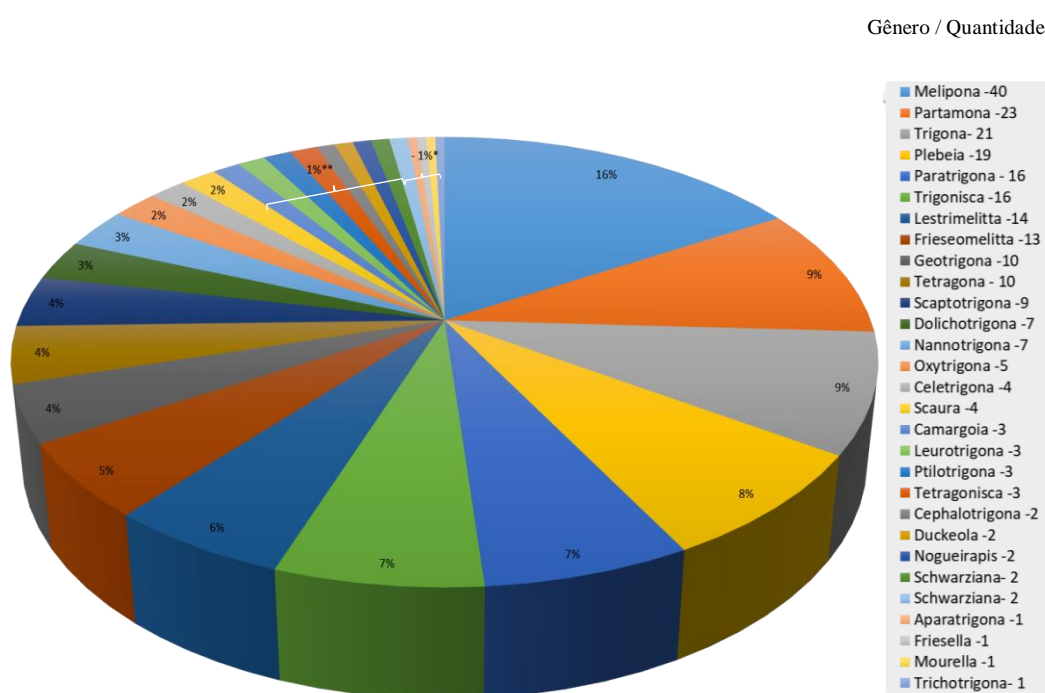


Figura 1 Número de espécies e porcentagem de gêneros de meliponíneos (242 espécies) com ocorrência no Brasil- * cada cor corresponde a menos de um por cento ** um por cento; (Fonte: Pedro 2014- adaptado)

No Brasil, as abelhas nativas estão presentes em todo o território nacional, e as *Meliponas* destacam-se por ser uma das mais populares, reunindo um grande número de espécies conhecidas como mandaçaia (*Melipona quinquefasciata*, *M. quadrifasciata quadrifasciata*, *M. quadrifasciata anthidioides* e *M. mandacaia*), uruçu (*Melipona scutellaris*, *Melipona crinita*, *Melipona fuliginosa*, *Melipona flavolineata* e *Melipona rufiventris*), jandaíra (*Melipona subnitida*), tiúba (*Melipona compressipes*), munduri (*Melipona asilvai*), tiúba (*Melipona fasciculata*) e a jataí (*Tetragonisca angustula*) (Sousa et al. 2009; Jaffé et al. 2015). Embora as espécies difereciem de região para região, *Melipona marginata*, é bastante popular podendo ser encontrada de forma nativa nos estados da Bahia, Ceará, Goiás, Mato Grosso, Minas Gerais, Paraná, Pernambuco, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo.

A *M. quadrifasciata* é distribuída no Brasil pelos estados do Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro, Santa Catarina e São Paulo (Camargo e Pedro 2013). Os representantes do gênero *Trigona* e *Scaptotrigona bipunctata* são endêmicas dos estados do Acre, Ceará, Maranhão, Minas Gerais, Pará, Paraná, Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro e Santa Catarina e, por fim, a *Tetragona clavipes* tem ocorrência no Acre, Amapá, Amazonas, Bahia, Espírito Santo, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná, Pará, Piauí, Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro, Santa Catarina e São Paulo (Venturieri et al. 2012; Camargo e Pedro 2013).

A distribuição geográfica das espécies interfere diretamente na qualidade e produtividade do mel, uma vez que cada região apresenta fatores climáticos diferentes e por sua vez à composição e a oferta da flora meliponícola também varia. A produção de mel das abelhas sem ferrão varia entre as espécies. Porém, a produção em situação de condições ótimas é de dois a cinco litros por ano por colônia (Yamamoto et al. 2007), quantidade relativamente baixa em comparação a espécie *Apis mellifera*, que chega a produzir 48kg por colmeia ao longo do ano.

A munduri (*Melipona asilvai*) possui potencial para produção de mel que varia entre 1,0 a 1,5 litros/caixa/ano, quando em regiões de florada regular e abundante. Em Salgadália, município de Conceição de Coité (BA), a produtividade foi de 1,0 litro/caixa/ano, em sistema de criação racional utilizando caixas INPA no ano de 2005 (Sousa et al. 2009).

A meliponicultura no território nacional ainda não é tida como a única fonte de renda dos criadores que frequentemente são pessoas ligadas no setor agrícola, funcionários públicos ou pensionistas, com idade entre 15 e 80 anos, na grande maioria são homens e tem em seus meliponários entre 1 e 3.500 colônias, com a maioria mantendo menos de 100 colônias (Jaffé et al. 2015). Estas Podem ser instaladas tanto em áreas com vegetação nativa, áreas de transição ou até mesmo em ambientes urbanos, pois o sucesso do desenvolvimento e produtividade dessas colônias está diretamente relacionada com o ambiente e oferta de recursos tróficos a qual ela foi inserida.

1.2. Flora melipónica

Na meliponicultura a exploração comercial dos produtos das abelhas sem ferrão exige cuidado adequado com o manejo das colônias, mas não somente isso, para o sucesso da atividade é extremamente relevante a preocupação com os recursos florais no entorno do meliponário, principalmente em relação as épocas de florescimento e picos das floradas. Assim as plantas podem ser classificadas como nectaríficas, poliníferas ou disponibilizado ambos os recursos néctar e pólen (Barth 2005).

A flora melipónica pode ser classificada como um conjunto de plantas fornecedoras de alimento as abelhas em uma determinada área (Silva et al. 2008). Entretanto, as plantas utilizadas por esses insetos variam de acordo com a região. O conhecimento das espécies que formam esse pasto, bem como a sequência de florescimento destas espécies no campo, ao longo do ano, são imprescindíveis na determinação de um manejo adequado, voltado para a maximização da produção de mel ou outros produtos das abelhas (Marchini 2001). Cada espécie de abelha tem suas características próprias, inclusive sua dieta. Portanto, para entender melhor a composição da dieta de cada espécie, faz-se necessário conhecer o grau de especialização ou dependência das abelhas em relação à fitofisionomia dos ambientes a elas disponibilizados (Aleixo et al. 2014; Pacheco-Filho et al. 2014).

A relação entre flor e visitante é estabelecida, na maioria das vezes, por meio de um atrativo (recurso) seja ele pólen, néctar, óleo ou até mesmo plantas para nidificação pois, para ser efetivo, um recurso deve satisfazer pelo menos uma necessidade das três, alimentação, reprodução e construção de ninho (Rech et al. 2014). No entanto, a diversidade florística representada pelos grãos de pólen presentes na dieta das abelhas,

são de fundamental importância, para nos indicar o comportamento de forrageamento e preferência dos recursos florais (Ramalho 1990), utilizado para suprirem as necessidades nutricionais de cada indivíduo.

Os meliponíneos podem, em alguns casos, explorar algum recurso de uma determinada família ou espécie em determinado período, como também podem ser considerados generalistas. Estes utilizam em sua dieta uma diversidade de plantas para manutenção da colônia (**Fig. 2**).



Figura 2- Espécies de Meliponíneos coletando recursos florais. A, B, D, E, F, G, H, I, (abelhas do gênero *Melipona*) C (*Scaptotrigona bipunctata*). Fotos: A-,b- Paulo Zanela ,d-, E- Paulo Zanela

Para o gênero *Melipona* as famílias mais frequentes são leguminosae, representadas por *Mimosa daleoides*, *Myroxylon balsamum*, *Senna obtusifolia*, *Chamaecrista duckeana* e algumas árvores que tem floração em massa como,

Pityrocarpa moniliformis, *Mimosa arenosa*, *Mimosa caesalpiniiifolia*, *Anadenanthera colubrina*. Esta última é particularmente importante para as abelhas na Caatinga e na Mata Atlântica (Faria et al. 2012; Aleixo et al. 2013; Barth et al. 2018; Hrnčir et al. 2019).

Outras famílias botânicas bastante frequentes em estudos palinológicos referentes a dietas das melíponas são Melastomataceae (*Tibouchina* spp), Solanaceae (*Solanum* spp) Myrtaceae (*Psidium guayava* e *Eucalyptus* spp) (Abreu et al. 2014). Esses tipos polínicos também estão presentes na dieta ou nos produtos do gênero *Scaptotrigona*: *Borreria verticillata* *Anadenanthera* sp. *Mimosa caesalpiniiifolia*, *Cecropia* spp, *Schefflera* spp, *Myrcia* spp e *Tapirira* spp, *Euterpe* spp, *Syagrus* spp, tipo Melastomataceae/Combretaceae, *Baccharis* spp, *Protium*, *Anadenanthera*, *Bidens*, *Octaea*, *Acalypha*, *Althernanthera/Pfaffia*, *Cestrum*, *Copaifera* spp, *Croton* spp, *Cyperaceae* spp, *Piper* e *Serjania* spp, e o *Eucalyptus* spp na maioria dos estudos é muito frequente nas amostras (Souza et al. 2015; Luz et al. 2019).

Em um levantamento bibliográfico sobre melissopalínologia no Brasil de 2005 a 2017 os tipos polínicos mais frequente foram *Mimosa caesalpiniiifolia* (55%), *Cecropia* (62%), *Myrcia* (63%) e *Eucalyptus* (76%), sendo o mais frequentes em todos os artigos sobre esse assunto nos mais espécies de abelhas, incluindo *Apis mellifera* e meliponíneos (Souza et al. 2018). A alta porcentagem de tipos de pólen de eucalipto em amostras de mel do Brasil reflete o avanço do desmatamento de áreas nativas para muitas culturas agrícolas, principalmente monocultura dos eucaliptos em diversos estados brasileiros.

A oferta dos recursos florais podem sofrer diversas alterações ao longo do ano, dentre as quais a quantidade e qualidade de espécies vegetais presentes no local, sendo nativa ou cultivada no qual condições climáticas exercem fatores de extrema importância. Isso faz com que as características da flora visitada pelas abelhas variem de acordo a região e ao longo do ano (Nascimento et al. 2019). Dessa forma, a flora é um fator determinante para o tipo e a qualidade dos produtos da meliponicultura.

1.2.1. Valor nutricional do mel

O mel das abelhas sem ferrão é uma substância complexa, geralmente encontrado em estado líquido viscoso, sua composição é bastante variável e depende

principalmente da fonte floral (Kek et al. 2014). As características físicas e nutricionais dos alimentos são essenciais para a produção e sobrevivência animal, pois estes podem conter substâncias ou nutrientes capazes de promover benefícios à saúde, quando ingeridos regularmente.

A composição do mel inclui, carboidratos, predominantemente glicose e frutose, aminoácidos, ácidos orgânicos, ácidos fenólicos, flavonoides, carotenoides enzimas e minerais (Lage et al. 2012; Ramanauskiene et al. 2012; Silva et al. 2016). Normalmente, o mel das abelhas sem ferrão é composto por maior teor de umidade, atividade de água, matéria mineral, acidez livre (Alvarez-Suarez et al. 2010; Amin et al. 2018).

1.2.2. O pólen

O pólen como fonte proteica para as abelhas é composto por minúsculos grãos coletados pelas abelhas de diversas fontes florais, esse por sua vez é misturado com néctar e secreção das glândulas hipofaríngeas, que contém a enzima β -glicosidase que apresenta efeito Proteassoma e bactericidas (Graikou et al. 2011). É considerado um alimento funcional por apresentar cerca de 250 substâncias, incluindo aminoácidos (prolina e serina), lipídios (triglicérides, fosfolipídios), vitaminas (A, E, D, B1, B2, B6 e C), macrominerais (cálcio, fósforo, magnésio, sódio e potássio) e microminerais (ferro, cobre, zinco, manganês, silício e selênio), carotenoides, compostos fenólicos, flavonoides, esteróis, ácidos (pantotênico, nicotínico e fólico, biotina, rutina e inositol) e terpenos (Silva et al. 2014; Komosinska-Vassev et al. 2015; Duarte et al. 2018). Devido à sua origem floral, o pólen coletado pelas abelhas pode ter uma composição variável, dependendo da região ou estação.

As abelhas sem ferrão armazenam o pólen em potes de cera, onde ocorre a fermentação microbiana, essencial para o processo de armazenamento do pólen. Esse processo muda consideravelmente o sabor, odor, cor e textura do pólen caso haja necessidade ser utilizado pela colônia (Menezes et al. 2013). Este sendo utilizado pela colônia em todas as fases das abelhas, pois a falta do mesmo compromete o desenvolvimento da colônia.

1.2.3 A Própolis e Geoprópolis

A própolis é uma substância produzida pelas abelhas, sendo utilizada na construção do ninho, nas estruturas externas e internas das colônias (tubos de entrada, células de cria e de armazenamento de alimentos) é usada pelas abelhas operárias para fechar fendas, minimizar e fechar furos (Bankova 2009). Em sua composição a própolis é composta basicamente por resinas e bálsamos (50%), que são responsáveis pelas características físicas, químicas e biológicas da própolis, cera (30%), óleos essenciais e aromáticos (10%), pólen (5%) e outros componentes (5%) (Burdock 1998; Gómez-Caravaca et al. 2006).

São identificadas, na própolis, mais de 300 substâncias, dentre essas, compostos fenólicos, ácidos prenilados p-cumarínicos, diterpenos, triterpenos, ácidos alifáticos, ésteres, ácidos graxos, carboidratos, aldeídos, aminoácidos, cetonas, chalconas, di-hidrochalcones, terpenoides, vitaminas e substâncias inorgânicas (Bankova et al. 2000), o que faz com que a própolis apresente propriedades medicinais. Basicamente, suas bioatividades são resultado principalmente de substâncias pertencentes ao grupo fenólico, particularmente flavonoides, dentre os benefícios biológicos, incluem atividades antioxidantes, anti-inflamatória, citotóxica, antiviral, antifúngico, antimicrobianos e antitumorais (Choudhari et al. 2012; Campos et al. 2014; Akhir et al. 2017; Sulaeman et al. 2019).

No geoprópolis produzido pela *M. quadrifasciata* e a própolis da *T. clavipes* foram encontradas mais de 50 compostos, dentre esses os ácidos graxos: ácidos esteárico, palmítico e mirístico; diterpenos: ácido dehidroabiético e triterpenos: β -amirina, isômeros, nor-oleano-12-eno e friedooleanan-3-ona, principalmente compostos fenólicos (benzofenonas, ácidos fenólicos e pinobancsina) ressaltando que a composição química da geoprópolis pode sofrer influências de acordo a origem geográfica e da espécie de abelha (Freitas et al. 2008; Cardozo et al. 2015). O que confere propriedades terapêuticas ao própolis produzido por diferentes espécies de abelhas sem ferrão, como antimicrobiano, anticâncer, atividades antioxidante, anti-inflamatória, gastroprotetora e antiviral (Souza et al. 2013; Dutra et al. 2014; Silva et al. 2014; Coelho et al. 2015; Ribeiro-Junior et al. 2015).

2.0 Referências

Aleixo KP, Faria LB, Garófalo CA, Imperatriz-Fonseca VL, Silva CI (2013) Pollen collected and foraging activities of *Frieseomelitta varia* (Lepeletier) (Hymenoptera: Apidae) in an urban landscape. *Sociobiology*: 60: 266-276.

Aleixo KP, Faria LB, Groppo M, Nascimento CMM, Silva CI (2014) Spatiotemporal distribution of floral resources in a Brazilian city: Implications for the maintenance of pollinators, especially bees. *Urban forestry & urban greening* 13: 689-696.

Alvarez-Suarez JM, Tulipani S, Romandini S, Bertoli E, Battino M (2010) Contribution of honey in nutrition and human health: a review. *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism* 3: 15-23.

Amin Z, Aina F, Sabri S, Mohammad SM, Ismail M, Chan KW, Zawawi N (2018) Therapeutic Properties of Stingless Bee Honey in Comparison with European Bee Honey. *Advances in pharmacological sciences* 12:1-12.

Bakar MA, Sanusi SB, Bakar FA, Cong OJ, Mian Z (2017) Physicochemical and antioxidant potential of raw unprocessed honey from Malaysian stingless bees. *Pakistan Journal of Nutrition* 16: 888-894.

Ballivián JMPP, (2008) Abelhas nativas sem ferrão. São Leopoldo, Oikos

Bankova V S, de Castro SL, Marcucci MC (2000) Propolis: recent advances in chemistry and plant origin *Apidologie* 31: 3-15.

Bankova VS, (2009) Chemical diversity of propolis makes it a valuable source of new biologically active compounds. *Journal of ApiProduct and ApiMedical Science* 1: 23-28.

Barth OM (2005) Botanical resources used by *Apis mellifera* determined by pollen analysis of royal jelly in Minas Gerais. *Journal of Apicultural Research* 44: 78-81.

Barth OM, Freitas ADS, Vanderborgth B (2018) Pollen Storage by *Melipona quadrifasciata anthidioides* in a Protected Urban Atlantic Forest Area of Rio de Janeiro, Brazil. In: Vit P, Pedro SRM, Roubik DW (eds) *Pot-Pollen in Stingless Bee Melittology*, 1rd edn. Springer, Cham, pp 103-109..

Burdock GA (1998) Review of the biological properties and toxicity of bee propolis (propolis). *Food and Chemical toxicology* 36: 347-363.

Cardozo DV, Mokochinski JB, Machado CS, Sawaya ACHF, Caetano IK, Felsner ML, Torres YR (2015) Variabilidade química de geoprópolis produzida pelas abelhas sem ferrão Jataí, Mandaçaia e Mandurí. *Revista Virtual de Química* 7: 2456-2474.

Carvalho CAL, Sodré GS, Fonseca AAO, Alves RMO, Souza ACL (2009) Physicochemical characteristics and sensory profile of honey samples from stingless bees (Apidae: Meliponinae) submitted to a dehumidification process. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 81: 143-149.

Camargo J M F, Pedro S R M (2013). Meliponini Lepeletier, 1836. In Moure JS, Urban, Melo GAR (Orgs). *Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region* - online version. Available at <http://www.moure.cria.org.br/catalogue>. Accessed Mar/18/2020

Campos JF, dos Santos UP, Macorini LFB, de Melo AMMF, Balestieri JBP, Paredes-Gamero EJ, dos Santos EL (2014) Antimicrobial, antioxidant and cytotoxic activities of propolis from *Melipona orbignyi* (Hymenoptera, Apidae). *Food and Chemical Toxicology* 65: 374-380.

Choudhari M K, Punekar SA, Ranade RV, Paknikar KM (2012) Antimicrobial activity of stingless bee (*Trigona* sp.) propolis used in the folk medicine of Western Maharashtra, India. *Journal of Ethnopharmacology* 141: 363-367.

Coelho GR, Mendonça RZ, Vilar KDS, Figueiredo CA, Badari JC, Taniwaki N, Negri G (2015) Antiviral action of hydromethanolic extract of geopropolis from *Scaptotrigona postica* against antiherpes simplex virus (HSV-1). *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* 2015: 1-10.

Cortopassi-Laurino M, Nogueira-Neto P (2016) *Abelhas sem Ferrão do Brasil*. EDUSP, São Paulo

Danaraddi CS (2007) Studies on stingless bee, *Trigona iridipennis* Smith with special reference to foraging behaviour and melissopalynology at Dharwad, Karnataka. M.Sc. thesis. University of Agricultural Sciences, Dharwad, 62 pp.

Duarte AWF, Vasconcelos MRDS, Oda-Souza M, Oliveira, FFD, López AMQ (2018). Honey and bee pollen produced by Meliponini (Apidae) in Alagoas, Brazil: multivariate analysis of physicochemical and antioxidant profiles. *Food Science and Technology* 38: 493-503.

Dutra RP, Abreu BVD B, Cunha MS, Batista MCA, Torres LMB, Nascimento FRF, Guerra RNM (2014) Phenolic acids, hydrolyzable tannins, and antioxidant activity of geopropolis from the stingless bee *Melipona fasciculata* Smith. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 62: 2549-2557.

Faria LB, Aleixo KP, Garófalo CA, Imperatriz-Fonseca, VL, Silva CI (2012) Foraging of *Scaptotrigona* aff. *Depilis* (Hymenoptera, Apidae) in an urbanized area: Seasonality in resource availability and visited plants. *Psyche* 2012:1-12

Freitas MO, Ponte FA, Lima MAS, Silveira ER (2008) Flavonoids and triterpenes from the nest of the stingless bee *Trigona spinipes*. *Journal of the Brazilian Chemical Society* 19: 532-535.

Fuenmayor CA, Díaz-Moreno AC, Zuluaga-Domínguez CM, Quicazán MC (2013) Honey of Colombian stingless bees: nutritional characteristics and physicochemical quality indicators. In *Pot-Honey*, Springer 383-394.

Gómez-Caravaca AM, Gómez-Romero M, Arráez-Román D, Segura-Carretero A, Fernández-Gutiérrez A (2006) Advances in the analysis of phenolic compounds in products derived from bees. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 41: 1220-1234.

Graikou K, Kapeta S, Aligiannis N, Sotiroudis G, Chondrogianni N, Gonos E, Chinou I (2011) Chemical analysis of Greek pollen-Antioxidant, antimicrobial and proteasome activation properties. *Chemistry Central Journal* 5: 33.

- Hrncir M, Maia-Silva C S, Teixeira-Souza VH, Imperatriz-Fonseca VL (2019) Stingless bees and their adaptations to extreme environments. *Journal of Comparative Physiology* 205: 415-426.
- Jaffé R, Pope N, Carvalho AT, Maia UM, Blochtein B, de Carvalho CAL, Venturieri GC (2015) Bees for development: Brazilian survey reveals how to optimize stingless beekeeping. *Plos One* 10: 1-21
- Jones R (2013) Stingless bees: a historical perspective. In: Vit P, Pedro SRM, Roubik DW (eds) *Pot-honey: a legacy of stingless bees*, 1rd edn. Springer, New York, pp 219-227.
- Kek SP, Chin NL, Yusof YA, Tan SW, Chua LS (2014) Total phenolic contents and colour intensity of Malaysian honeys from the *Apis* spp. and *Trigona* spp. bees. *Agriculture and Agricultural Science Procedia* 2: 150-155.
- Kerr WE, Carvalho GA, Nascimento VA (1996) *Abelha urucu – biologia, manejo e conservação*. Fundação Acangaú, Belo Horizonte
- Kocot J, Kielczykowska M, Luchowska-Kocot D, Kurzepa J, Musik I (2018) Antioxidant potential of propolis, bee pollen, and royal jelly: possible medical application. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* 2018:1-29

Koedam D, (2017) Ninhos e biologia geral: comparando as abelhas africanizadas e as abelhas sem ferrão. In: Imperatriz-Fonseca V L, Koedam D, Hrncir M (eds) A abelha jandaíra: Passado, presente e no futuro, 1ª ed. Edufersa, Mossoró, pp 29-40

Komosinska-Vassev K, Olczyk P, Kaźmierczak J, Mencner L, Olczyk K (2015) Bee pollen: chemical composition and therapeutic application. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine 2015: 1-6.

Lage LG, Coelho LL, Resende HC, Tavares MG, Campos LA, Fernandes-Salomão, T M (2012) Honey physicochemical properties of three species of the Brazilian *Melipona*. Anais da Academia Brasileira de Ciências 84: 605-608.

Luz CFP, Fidalgo ADO, Silva SAY, Rodrigues SDS, Nocelli RCF (2019) Comparative floral preferences in nectar and pollen foraging by *Scaptotrigona postica* (Latreille 1807) in two different biomes in São Paulo (Brazil). Grana, 58: 200-226.

Marchini LC, Moreti ACCC, Teixeira EW, Silva ED, Rodrigues RR, Souza VC (2001) Plantas visitadas por abelhas africanizadas em duas localidades do estado de São Paulo. Scientia Agricola 58:413-20.

Menezes C, Vollet-Neto A, Contrera FAFL, Venturieri GC, Imperatriz-Fonseca VL (2013) The role of useful microorganisms to stingless bees and stingless beekeeping. In: Vit P, Pedro SRM, Roubik DW (eds) Pot-honey: a legacy of stingless bees, 1rd edn. Springer, New York, pp 153–71

Michener CD (2007). The bees of the world. Johns Hopkins University Press, Baltimore

Moure JS (1961). A preliminary supraspecific classification of the Old World meliponine bees. *Studia Entomologica* 4: 181-242.

Nascimento JEM, Freitas BM, de Souza PFAJ, Pereira ES, Meneses HM, Alves JE da Silva CI (2019) Temporal variation in production and nutritional value of pollen used in the diet of *Apis mellifera* L. in a seasonal semideciduous forest. *Sociobiology* 66: 263-273.

Nogueira-Neto P (1997) Vida e criação de abelhas indígenas sem ferrão. Nogueirapis São Paulo

Oliveira FF, Richers BTT, Silva JR, Farias RC, Matos TAL (2013) Guia Ilustrado das Abelhas “Sem-ferrão” das reservas Amanã e Mamirauá, Brasil (Hymenoptera, Apidae, Meliponini). IDSM, Tefé

- Oliveira-Abreu C, Hilário SD, Luz CFP, dos Santos IA (2014) Pollen and nectar foraging by *Melipona quadrifasciata anthidioides* Lepeletier (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) in natural habitat. *Sociobiology* 61: 441-448.
- Pacheco-Filho AJDS, Verola CF, Verde LWL, Freitas BM (2014) Bee-flower association in the Neotropics: implications to bee conservation and plant pollination. *Apidologie* 46: 530-541.
- Pedro SR (2014) The stingless bee fauna in Brazil (Hymenoptera: Apidae). *Sociobiology* 61: 348-354.
- Ramalho M, Kleinert-Giovannini A, Imperatriz-Fonseca VL (1990) Important bee plants for stingless bees (*Melipona* and Trigonini) and Africanized honeybees (*Apis mellifera*) in neotropical habitats: a review. *Apidologie* 21: 469-488.
- Ramanauskienė K, Stelmakienė A, Briedis V, Ivanauskas L, Jakštis V (2012) The quantitative analysis of biologically active compounds in Lithuanian honey. *Food Chemistry* 132: 1544-1548.
- Rao PV, Krishnan KT, Salleh N, Gan SH (2016) Biological and therapeutic effects of honey produced by honey bees and stingless bees: a comparative review. *Revista Brasileira de Farmacognosia* 26: 657-664.

Rasmussen C, Cameron SA (2009) Global stingless bee phylogeny supports ancient divergence, vicariance, and long distance dispersal. *Biological Journal of the Linnean Society* 99: 206-232.

Rech AR, Agostini K, Oliveira PE, Machado IC (2014). *Biologia da polinização*. Projeto Cultural, Rio de Janeiro

Ribeiro-Junior JA, Franchin M, Cavallini ME, Denny C, Alencar SMD, Ikegaki M, Rosalen PL (2015) Gastroprotective effect of geopropolis from *Melipona scutellaris* is dependent on production of nitric oxide and prostaglandin. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* 2015:1-5.

Roubik DW (2006) Stingless bee nesting biology. *Apidologie* 37: 124–143.

Santos SB, Roselino AC, Hrnčir M, Bego LR (2009) Pollination of tomatoes by the stingless bee *Melipona quadrifasciata* and the honey bee *Apis mellifera* (Hymenoptera, Apidae). *Genetics and Molecular Research* 8: 751-757.

Silva GR, da Natividade TB, Camara CA, da Silva EMS, dos Santos FDAR, Silva TM S (2014) Identification of sugar, amino acids and minerals from the pollen of Jandaíra stingless bees (*Melipona subnitida*). *Food and Nutrition Sciences* 5: 1015.

Silva PM, Gauche C, Gonzaga LV, Costa ACO, Fett R (2016) Honey: Chemical composition, stability and authenticity. *Food Chemistry* 196: 309-323.

Souza BA (2009) *Mundurí (Melipona asilvai): a abelha sestrosa*: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Bahia

Souza HRD, Corrêa AMDS, Cruz-barros MAVD, Albuquerque PMCD (2015) Pollen spectrum of *Scaptotrigona aff. postica* (Hymenoptera, Apidae, Meliponini) propolis from Barra do Corda, MA, Brazil. *Acta Amazonica* 45: 307-316.

Souza RR, De Abreu, VHR, De Novais, JS (2018) Melissopalynology in Brazil: a map of pollen types and published productions between 2005 and 2017. *Palynology* 43: 690-700.

Sulaeman A, Kalsum N, Mahani M (2019) *Trigona* Propolis and Its Potency for Health and Healing Process. In Watson R R, Singh R B, Takahashi T (eds) *The Role of Functional Food Security in Global Health* 1rd edn. Elsevier, London pp 425-448.

Venturieri GC, Alves DDA, Villas-Bôas JK, Carvalho CALD, Menezes C, Vollet-Neto, A, Imperatriz-Fonseca VL (2012) Meliponicultura no Brasil: situação atual e perspectivas futuras para o uso na polinização agrícola. In Imperatriz-Fonseca VL,

Canhos D A L, Alves, DDA, Saraiva AM (eds) Polinizadores no Brasil: contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviço ambientais, 1ed. EDUSP, São Paulo, pp 213-236

Viana BF, da Encarnação CJG, Garibaldi LA, Gastagnino B, Laercio G, Peres GK, Oliveira SF (2014) Stingless bees further improve apple pollination and production. *Journal of Pollination Ecology* 14: 261-269.

Vossler FG, Blettler DC, Fagúndez GA, Dalmazzo M (2018) Stingless Bees as Potential Pollinators in Agroecosystems in Argentina: Inferences from Pot-Pollen Studies in Natural Environments. In: Vit P, Pedro SRM, Roubik DW (eds) Pot-Pollen in Stingless Bee Melittology, 1rd edn. Springer, Cham, pp 155-175

Wang S, Wittwer B, Heard TA, Goodger JQ, Elgar MA (2018) Nonvolatile chemicals provide a nest defence mechanism for stingless bees *Tetragonula carbonaria* (Apidae, Meliponini). *Ethology* 124: 633-640.

Yamamoto DY, Akatsu IP, Soares AEE (2007) Quantificação da produção do mel de *Scaptotrigona* aff. *depilis* (Hymenoptera, Apidae, Apinae) do município de Luiz Antônio. *Bioscience Journal* 23:89-93.

II - OBJETIVOS GERAIS

Avaliar os aspectos produtivos, binômicos, origem botânica e características nutricionais dos recursos tróficos utilizados de quatro espécies de meliponíneos e valor nutricional do pólen de *Apis mellifera scutellata* L.

III - OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Analisar os padrões estruturais e as correlações específicas dos potes de mel e suas variáveis nos meliponíneos;
- ✓ Quantificar a produção de mel, própolis e geoprópolis nos meliponíneos;
- ✓ Identificar a origem botânica do mel produzidos por quatro espécies de meliponíneos por meio da melissopalinologia;
- ✓ Verificar os aspectos físico-químicos e nutricionais do mel de colônias das abelhas *Melipona Manduri* (Eomelipona) *marginata* Lepeletier, 1836, *Mandaçaia*=*Melipona* (Melipona) *quadrifasciata* Lepeletier, 1836, Tubuna=*Scaptotrigona bipunctata* (Lepeletier, 1836) e Borá=*Tetragona clavipes* (Fabricius, 1804).
- ✓ Identificar a origem botânica e analisar as características físico-química do pólen utilizado por meliponíneos e *Apis mellifera scutellata* Lepeletier. ao longo de um ano instalados no mesmo ambiente.

IV - Aspectos produtivos, bionômicos, origem botânica, composição nutricional e físico-química do mel de quatro espécies de meliponíneos

(Journal of Chemical Ecology)

Resumo:

A meliponicultura é uma grande oportunidade para a geração de renda aos pequenos e grandes produtores, principalmente, pelo comércio do mel e outros coprodutos das abelhas. Com isso, o nosso objetivo foi avaliar os aspectos produtivos, padrões estruturais dos potes de mel, produção de mel, própolis, geoprópolis, composição nutricional e físico-química do mel, em quatro espécies de abelhas sem ferrão, instaladas na fazenda experimental Iguatemi da Universidade Estadual de Maringá. Para isso, foram quantificados a produtividade do mel (mL), e com paquímetro foram medidos os potes e o mel coletado quantificamos e avaliamos a origem botânica e características físico-químicas. *Tetragona clavipes* (982mL) e a *Scaptotrigona bipunctata* (388mL) apresentaram, respectivamente, produtividades maiores, 96,86 % e 92,49 % quando comparado com *Melipna marginata* (29,15mL). As abelhas produziram mel monofloral e polifloral, ao todo encontramos 43 espécies de plantas. Em relação matéria seca do mel da *M. marginata* (49%) e *M. quadrifasciata* (53%) não diferiram entre si; a matéria mineral do mel os resultados foram estatisticamente iguais. A porcentagem de proteína bruta apresentou diferença significativa entre as amostras de mel de *M. marginata* (0,7%) e *T.clavipes* (1,9%). O teor de frutose no mel da *S. bipunctata* (36%) apresentou diferença significativa em comparação com a da *M. marginata* (27%) e *T. clavipes* (16%), sendo esse último indicou valores médios diferentes quando comparados aos demais. Ao analisarmos o valor de pH podemos perceber que o mel da *M. marginata* apresentou maior nível de acidez quando comparado a *S. bipunctata*. O mel foram classificados como âmbar extra claro e âmbar claro. A diversidade florística influenciou na qualidade do mel e plantas como, *Amaranthus hybridus* foi mais importante na dieta *T. clavipes* e *Eucalyptus robusta* foi imprescindível fonte de néctar para a produção de mel das demais espécies. Assim, resultou em um mel com diferentes características nutricionais e físico-química.

Palavras-chave: Abelhas sem ferrão, Sustentabilidade, Caracterização do mel, Meliponicultura, Produção de mel

1. Introdução

As abelhas sem ferrão ou meliponíneos constituem um grupo bastante diverso de insetos eussociais da ordem Hymenoptera (família Apidae, tribo Meliponini), os quais constroem colônias perenes e compreendem mais de 500 espécies, abundantemente distribuídas nas regiões tropicais e subtropicais do planeta (Queiroz et al. 2019). Do ponto de vista da conservação ambiental e produção de alimentos no mundo, a atividade mais importante exercida pelas abelhas é a polinização da vegetação nativa e das culturas agrícolas (Ollerton et al. 2011), sendo esse um serviço ecossistêmico responsável pela reprodução de cerca de 40 a 90% das espécies botânicas silvestres em ambientes tropicais (Kerr et al. 1996), além das diversas culturas agrícolas manejadas em todo o mundo (Vossler et al. 2018).

O pólen e/ou néctar presentes nas flores, são os principais recursos disponibilizados e essenciais para o desenvolvimento, reprodução e sobrevivência das espécies de abelhas (Marchini 2006). O pólen corresponde à principal fonte de proteínas, lipídios, vitaminas e minerais sendo de importância vital para a alimentação dos imaturos (Freitas et al. 2013), enquanto o néctar é a principal fonte de carboidratos, fornecendo energia aos adultos e imaturos, sendo, posteriormente, transformado em mel pelas abelhas sociais (Kleinert et al. 2009). Quanto a sua dieta alimentar, as espécies de meliponíneos têm sido consideradas, como generalistas, dependendo da disponibilidade e características das fontes florais em determinadas épocas do ano, o que faz com que ocorra variação no valor nutritivo do pólen e do néctar ao longo do ano ou das estações (Morgado et al. 2011).

Tendo em vista a diversidade de meliponíneos presentes em toda extensão territorial do Brasil, a meliponicultura é uma grande oportunidade para a geração de renda aos pequenos e grandes produtores, principalmente, pelo comércio do mel e outros subprodutos das abelhas (Oliveira et al. 2013; Jaffé et al. 2015). A distribuição geográfica das espécies interfere diretamente na qualidade e produtividade do mel, uma vez que cada região apresenta fatores climáticos diferentes e, por sua vez, sua composição e oferta de flora meliponícola também variam.

O mel produzido por essas abelhas é bastante apreciado pela humanidade e apresenta características peculiares, pois cada espécie produz um mel com características físicas e organolépticas únicas, capaz de agradar os mais diversos

paladares, podendo também variar de acordo com a origem botânica, geográfica e época do ano. Para tanto, buscar conhecimentos mais aprofundados sobre as características estruturais das colônias, produtividade, dieta e composição nutricional do mel das espécies de abelha sem ferrão, tornam-se de extrema importância para a conservação ambiental, e para a valorização e o desenvolvimento da meliponicultura brasileira.

Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo analisar os padrões estruturais e a produção de mel, própolis e geoprópolis, origem botânica, composição nutricional e físico-química do mel de colônias de quatro espécies de abelhas sem ferrão.

2. Material e métodos

2.1. Área de estudo

O estudo foi realizado no período entre junho de 2018 a maio de 2019, no setor de apicultura e meliponicultura da Fazenda Experimental da Universidade Estadual de Maringá PR. O município de Maringá se situa a noroeste do Paraná, entre as coordenadas 23°15'15" e 23°33'27" S e 51°50'05" e 52°05'59" W (**Fig. 1**) (Barros et al. 2004), sendo cortado pelo Trópico de Capricórnio. O clima local é do tipo Cfa (h), subtropical úmido mesotérmico, definido geograficamente pelo traçado do trópico de Capricórnio, na sua região norte (Maack 1968). O índice pluviométrico está acima de 1500mm por ano. O município de Maringá-PR enquadra-se na região fitogeográfica denominada Floresta Estacional Semidecidual (Veloso e Goes-Filho 1982; IBGE 2012).

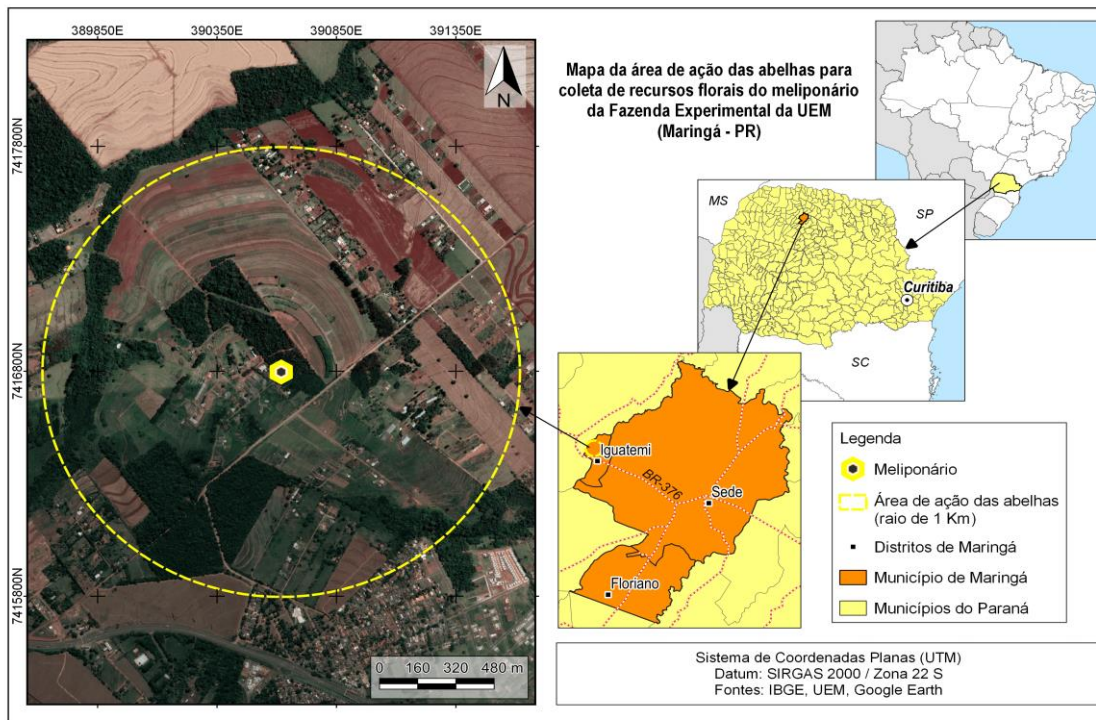


Figura 1-Mapa de localização do meliponário da Fazenda Experimental Iguatemi –Universidade Estadual de Maringá em amarelo perimetro de voo estimado das espécies estudadas.

2.2. Espécies de abelhas utilizadas, estrutura dos potes e produtividade

Para a realização desse estudo foram utilizadas quatro espécies (cinco colônia por espécie) de abelhas nativas sem ferrão, sendo elas *Melipona (Eomelipona) marginata* (Maduri), *Melipona (Melipona) quadrifasciata* (Mandaçaia), *Scaptotrigona bipunctata* (Tubuna) e *Tetragona clavipes* (Borá). Essas abelhas estavam ocupando caixas modelo Inpa, composta por quatro módulos dispostos verticalmente: o ninho e o sobreninho, uma melgueiras e a tampa.

Durante a colheita avaliamos os potes de mel das melgueiras de todas as espécies estudadas, usando os 10 primeiros (da direita para esquerda) potes como referência para cada colônia, com base nos seguintes parâmetros: altura, diâmetro, volume e espessura da parede de cerume. Para a uniformização dos padrões estudados, as colônias de cada espécie foram padronizadas em relação ao alimento estocado. Assim, as colônias foram consideradas em boas condições com base em procedimentos padronizados de avaliação da atividade externa, do tamanho do tubo de entrada, da área de cria e da presença de estoques de alimentos. Esse processo de padronização foi importante, uma vez que, diferente das Melíponas, as espécies do gênero *Scaptotrigona* apresentam em média o

tamanho do indivíduo (6-7 mm), com grande população, podendo chegar a mais de 10 mil indivíduos por colônia (Ramalho 1990), enquanto a espécie *T. clavipes* a população pode atingir a 50 mil indivíduos por colônia (Duarte et al. 2016).

Como procedimento usual, sempre ao final de cada estação, verificamos a produtividade das colônias, considerando somente o mel armazenado na melgueira. Após a estocagem de mel pelas abelhas, foi feito o procedimento de medição dos potes, com o auxílio de um paquímetro digital nos dez primeiros potes, dos quais foi retirado e medido o volume do mel armazenado, utilizando-se para cada colônia uma seringa descartável com capacidade de 20mL. Posteriormente o conteúdo dos demais potes foi retirado utilizando uma bomba de sucção elétrica e por fim foi verificado o volume e peso total do mel, menos o peso da embalagem.

Para verificar a produção de própolis e geoprópolis, os mesmos foram retirados das melgueiras, armazenados em sacos plásticos e pesados. As amostras de mel foram armazenadas em potes de plásticos esterilizados e, posteriormente, levadas ao refrigerador a -2°C até o momento das análises (aproximadamente 20 dias após a última coleta), totalizando 22 amostras de todas as espécies, durante todo ano.

2.3. Composição florística da área e coleta das amostras botânicas

Para a constatação da composição florística foi percorrido quinzenalmente o entorno da área de estudo (área pertencente a fazenda experimental), considerando toda a estratificação vertical (exceto espécies de Poaceae) (Silva et al. 2012), onde foram coletados três amostras de cada espécie de planta em floração e, posteriormente, as exsiccatas foram preparadas para serem identificadas por especialistas. Os vouchers estão depositados no herbário da Universidade Estadual de Maringá (HUEM).

2.4. Preparação da coleção de referência de pólen (Palinoteca)

No momento da coleta das plantas no campo, também foram coletados as anteras em pré-antese e preservados em álcool 70% por 24 horas (Silva et al. 2014). O material foi macerado e submetido ao processo de acetólise (Erdtman, 1960) e mantido em glicerina a 50%. Para cada espécie de planta, foram montadas três lâminas com gelatina Kisser, seladas com parafina e devidamente identificadas e fotografados os grãos de polen em microscopia eletrônica (Silva et al. 2014), dando início à primeira coleção de

pólen do Laboratório de Pesquisa com Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá.

2.5. *Análises do mel*

2.5.1. *Origem botânica do mel*

As 22 amostras de mel foram diluídas separadamente em tubos falcon® de 15mL. Para esse procedimento foram utilizados 8mL de mel e 5mL de água destilada morna, sendo o conteúdo de cada tubo falcon® centrifugado por 5 minutos a 2.000 rpm (Louveaux et al. 1978). Depois deste procedimento, ao pólen sedimentado foram adicionados 5mL da mistura de acetólise, nove partes de anidrido acético por uma parte de ácido sulfúrico (9:1) (Erdtman 1960). Após acetólise, o material foi mantido em glicerina a 50% e, posteriormente, montadas três lâminas para cada amostra, usando gelatina Kisser e esmalte transparente para selagem da lamínula. Esse procedimento foi realizado para leitura rápida das lâminas. A identificação das espécies de plantas, encontradas no mel dos meliponíneos, foi realizada por meio de comparação com os grãos de pólen depositados na palinoteca com auxílio de um microscópio óptico, criada a partir das plantas coletadas no entorno do meliponário e com base também na coleção de pólen virtual da Rede de Catálogos Polínicos online (RCPol 2020).

2.5.2. *Matéria seca, matéria mineral e proteína bruta*

As análises bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal (LANA-DZO-UEM) do Departamento de Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá. Todas as 22 amostras foram analisadas para matéria seca (MS; AOAC 1990; método número 930,15), matéria mineral (AOAC 1990; método número 924,05) e proteína bruta (PB; AOAC 1990; método número 984,13).

2.5.3. *Elementos químicos*

Para verificar a presença dos elementos químicos predominantes nas amostras de mel de cada espécie de abelha, foram colocados 15mL de mel em cadinho de porcelana e, posteriormente, levado à mufla a 600°C por quatro horas, restando no final do tempo

somente a matéria mineral. Em seguida, o material foi colocado em stabs de metal com fita de carbono e levada ao microscópio de varredura modelo QUANTA 240 da FEI Company. Essa técnica, por espectrômetro por dispersão em energia (EDS), não é destrutiva e permite identificar os elementos presentes na amostra (análise qualitativa), assim como estabelecer a proporção (concentração) em que cada elemento conforme está representado (Bicchieri et al. 2002).

2.5.5. *Determinação de açúcares*

A determinação de açúcares foi realizada segundo o método descrito por Bogdanov et al. (1999) e IHC (2009). Uma solução de mel ($0,05 \text{ g.mL}^{-1}$) foi preparada com 25 % de metanol a qual em seguida foi filtrada em membrana MILLIPORE de $0,45 \mu\text{m}$. As amostras foram analisadas em CLAE, utilizando-se coluna Zorbax NH2 de fase normal (AGILENT, 250mm de comprimento; 4,6mm de diâmetro; e $5 \mu\text{m}$ de porosidade) e pré-coluna Zorbax NH2 (AGILENT, 12,5mm de comprimento; 4,6mm de diâmetro; e $5 \mu\text{m}$ de porosidade), operado à temperatura de 37°C . A fase móvel foi composta por acetonitrila: água (80:20, v/v), e o fluxo utilizado foi do tipo isocrático a $1,3 \text{ mL.min}^{-1}$, com volume de injeção de $10 \mu\text{L}$. A curva padrão foi obtida com padrões de Frutose, Glicose, Sacarose, Turanose, Maltose, Trealose, Gentiobiose, Erllose e Melezitose (Sigma aldrich). A detecção foi realizada através do índice de refração. As análises foram efetivadas em triplicata e os resultados expressos em g.100g^{-1} de mel.

2.5.6. *Determinação do teor de hidroximetilfurfural (HMF)*

A determinação do teor de HMF seguiu o método descrito por Ajlouni e Sujirapinyokul (2010). As amostras em triplicatas, foram homogeneizadas com soluções de Carrez I a 15% e Carrez II a 30% na proporção de 1:100 cada. A solução foi filtrada em papel filtro de 80 mg/m^2 e os 10 mL iniciais descartados. Em seguida, a solução foi filtrada em membrana Millipore de $0,22 \mu\text{m}$. As amostras foram analisadas em Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE), utilizando-se coluna C18 de fase reversa (Phenomenex, 250mm de comprimento; 4,6mm de diâmetro; e $5 \mu\text{m}$ de porosidade) e pré-coluna C18, operada à temperatura de 30°C . A fase móvel foi composta por A: água e B: metanol, na proporção 90:10 (v/v), e o fluxo utilizado foi do tipo isocrático a $0,75 \text{ mL.min}^{-1}$, com volume de injeção de $20 \mu\text{L}$. A curva padrão foi

obtida com padrão de HMF ($1-50\text{mg.l}^{-1}$). A detecção foi realizada com detector de ultravioleta a 285 nm.

2.5.7. *Determinação do potencial Hidrogeniônico (pH)*

O valor de pH foi obtido utilizando-se peagâmetro digital (Hanna Innstruments®) calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0. As análises foram feitas no laboratório de Ciências de Alimentos da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo (USP).

2.5.8. *Cor do mel*

Para a determinação da cor do mel foram utilizados dois métodos. O primeiro baseado no método descrito por Almeida-Muradian et al. (2014), com o uso de um colorímetro (Hanna Instruments® mod. C221). Neste, 15 g da amostra de mel foram colocadas em uma placa de Petri de vidro pequena (55mm; 14mm), cujo valor foi encontrado convertido em cor pela escala de Pfund. No segundo método, foram feitas medições da luminosidade Minolta (L^* , a^* , b^*) por meio de um colorímetro portátil CR-400 da Konica Minolta (configurações: Iluminante D65; 0° ângulo de visão e 4 auto-média). Os componentes L^* (luminosidade), a^* (vermelho esverdeado) e b^* (amarelo-azul) foram expressos no sistema de cores CIELAB. Nos dois métodos foram utilizadas três repetições para cada amostra.

2.5.9. *Análises estatísticas*

As características da estrutura dos potes (altura, diâmetro, espessura e volume), de produção (produção de própolis, mel e peso do mel) e físico-químicas do mel (conteúdo de matéria seca, matéria mineral, proteína bruta, frutose e glicose e níveis de pH, brix e luminosidade) foram comparadas entre espécies por meio do teste Kruskal-Wallis (Kruskal e Wallis 1952). Esse teste foi usado devido a não normalidade dos dados e à presença de outliers. Quando o teste Kruskal-Wallis foi significativo (a 5% de significância), foi aplicado o teste post-hoc de Dunn (Dunn 1964) para verificar entre quais espécies ocorreram diferença.

De outro modo foram realizadas comparações das características de estrutura dos potes, de produção e físico-químicas do mel entre as estações do ano (outono e verão) para a *S. bipunctata*. Para a *T. clavipes* essa comparação foi providenciada somente para as características de estrutura dos potes, pois somente uma colônia estava ativa no outono. Devido a não normalidade dos dados e à presença de outliers foi empregado o teste de Mann-Whitney (Mann e Whitney 1947) para realização de tais comparações. Também foram investigadas as possíveis relações entre altura, diâmetro, espessura e volume dos potes através do uso da correlação de Spearman (Zar 2010).

3. Resultados

3.1. Arquitetura dos potes de mel

Com relação aos parâmetros arquitetônicos analisados para os potes de mel, a altura dos potes da *T. clavipes* foi que apresentou significativamente maiores potes (50,79mm), para o diâmetro dos potes, maiores valores foram encontrados nas espécies *T. clavipes* e *M. quadrifasciata* (25,32mm; 23,66mm respectivamente). Ao analisarmos a espessura dos potes observa-se que a *M. marginata* e *M. quadrifasciata* apresentaram valores significativamente maiores que os demais (1,0mm; 0,66mm respectivamente) e por fim, quando se analisa o volume dos potes de mel, as espécies *T. clavipes* (15,00mL) e *M. quadrifasciata* (7,9mL) foram estatisticamente maiores. (**Fig. 2**). As espécies *S. bipunctata* e *T. clavipes* foram as únicas que produziram mel nas duas estações do ano (Outono e verão) não havendo diferenças estatísticas dos potes entre as estações (**Fig.3**).

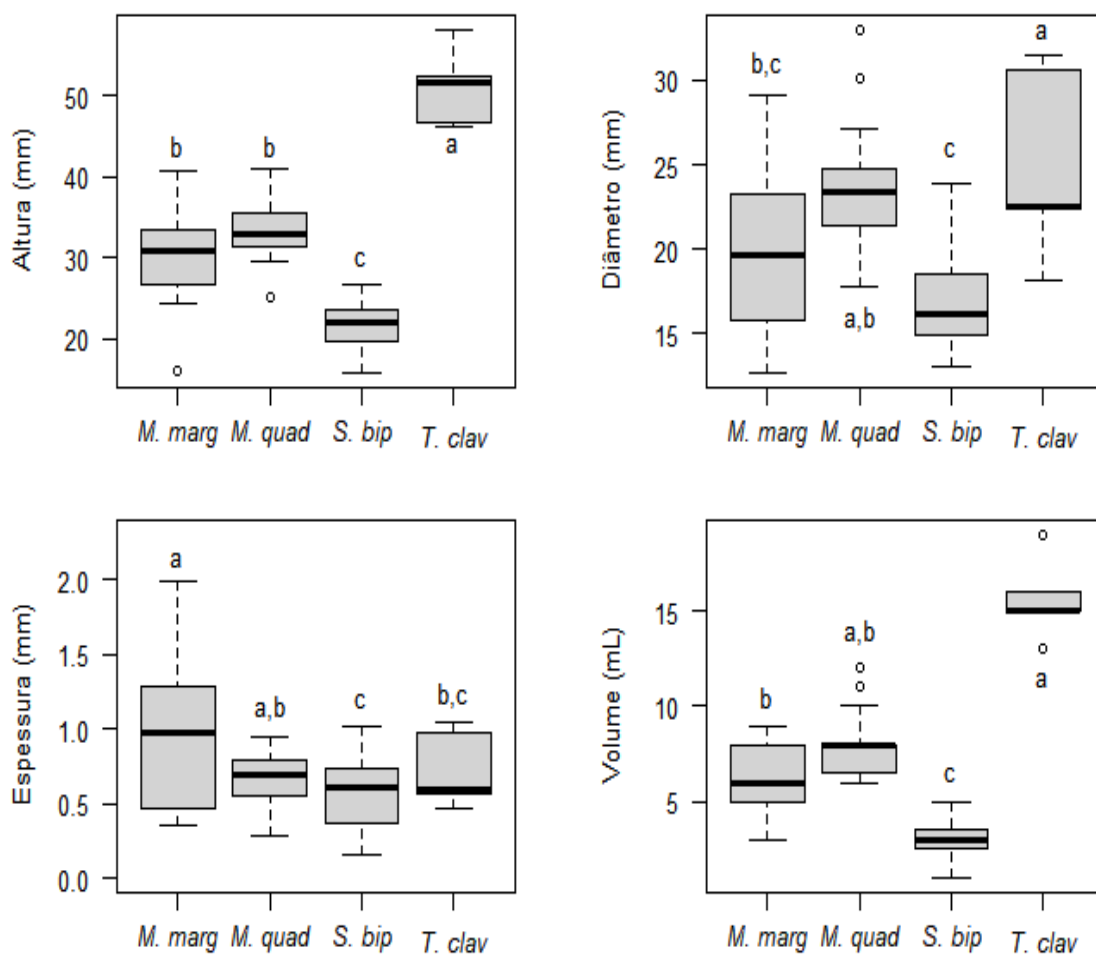
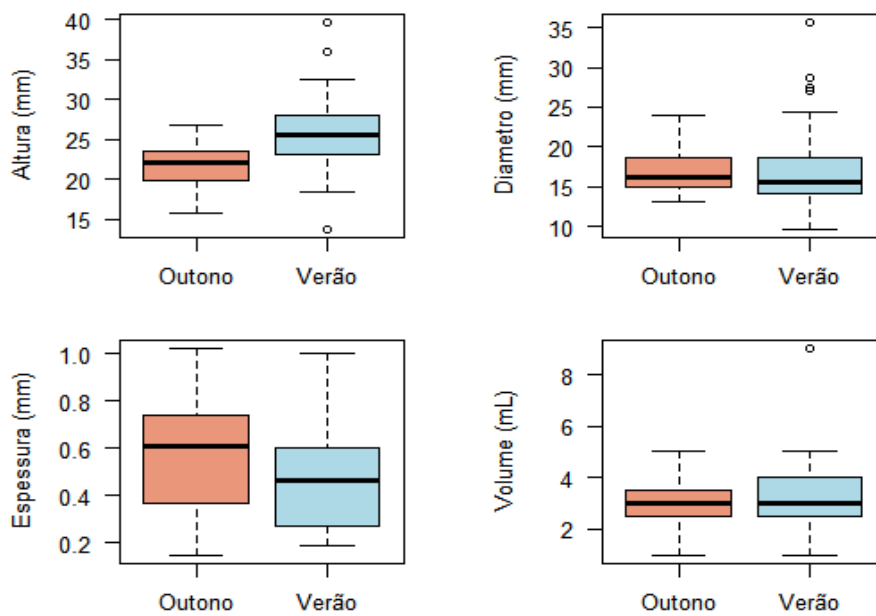


Figura 2- Medidas e volume (mL) dos potes de mel das abelhas nativas sem ferrão: *M. marg*= *Melipona (Eomelipona) marginata*; *M. quad*= *Melipona (Melipona) quadrifasciata*; *S. bip*= *Scaptotrigona bipunctata*; *T. clav*= *Tetragona clavipes*. Os valores são representados em mediana (M_d) e a,b e c, indicam valores médios significativamente diferentes ($P < 0,05$).

(a)



(b)

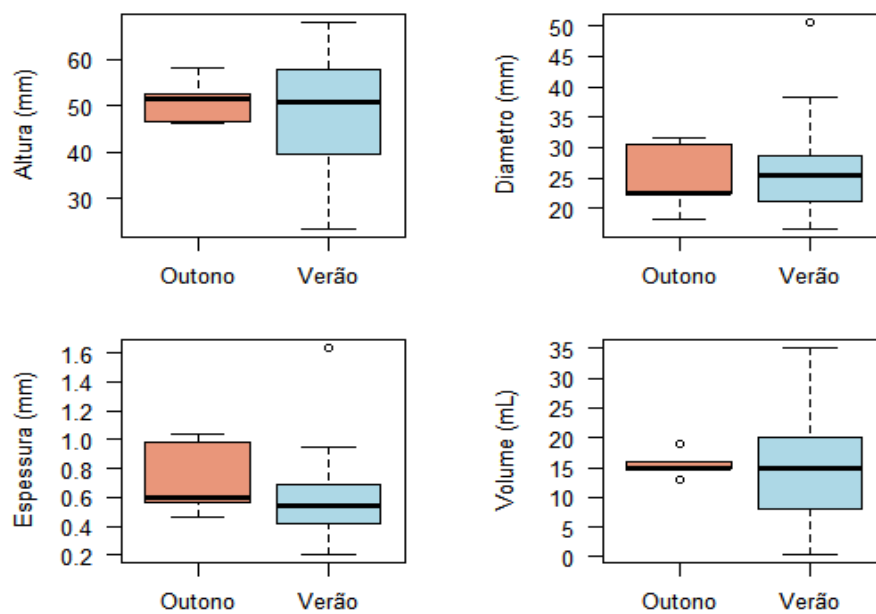


Figura 3- Comparação das medidas (altura, diâmetro, espessura e volume de mel) dos potes de mel das espécies (a) *Scaptotrigona bipunctata* (b) *Tetragona clavipes* entre as estações (verão e outono).

As variáveis: altura x diâmetro (0,697), altura x volume (0,634) e diâmetro x volume (0,721), apresentaram correlação positiva forte na espécie *M. marginata* (**Fig. 4a**), porém para as medidas de diâmetro x volume (0,418) apresentou correlação positiva moderada na espécie *M. quadrifasciata* (**Fig. 4b**). As medidas de espessura x volume (-0,453) tiveram correlação negativa moderada. No caso da espécie *S. bipunctata* (**Fig. 4c**), pode ser observado que as variáveis espessura x altura (-0,199) têm correlação negativa muito fraca e correlação positiva muito fraca para as medidas de diâmetro x volume (0,197), enquanto para *T. clavipes* (**Fig. 4d**) foi observada correlação positiva forte quando se analisadas as variáveis altura x volume (0,796).

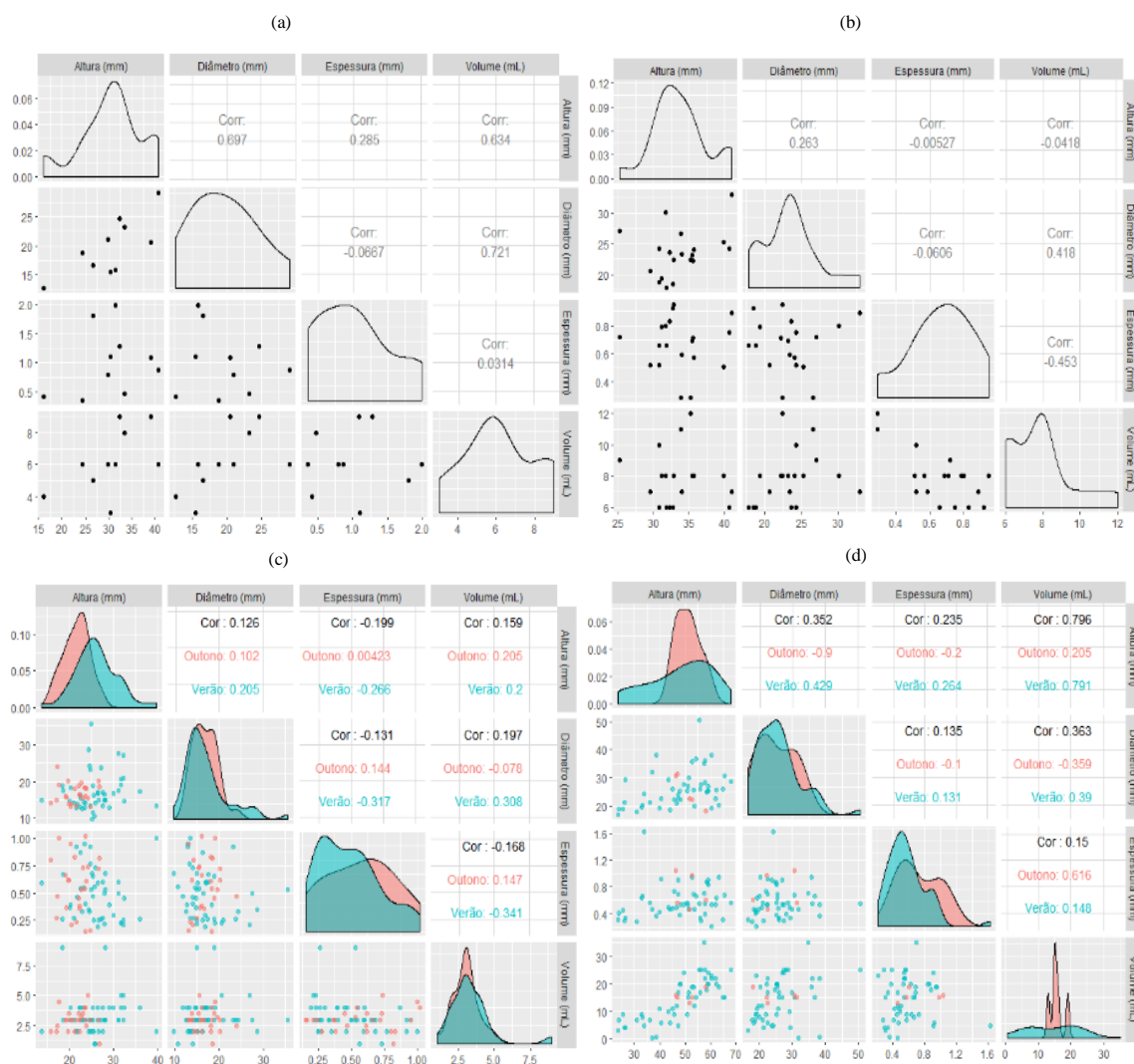


Figura 4 – Correlação de Spearman entre as variáveis dos potes de mel, altura, diâmetro, espessura, volume: (a) *Melipona (Eomelipona) marginata* (b) *Melipona (Melipona) quadrifasciata* durante o outono; (c) *Scaptotrigona bipunctata* (d) *Tetragona clavipes* no verão e no outono.

3.2. Produtividade de mel (volume e peso), própolis e geoprópolis

Verificamos que as espécies *M. marginata* e *M. quadrifasciata* apresentaram menor volume total de mel produzido, com mediana (M_d) de 21 e 160,42mL, respectivamente, não apresentando diferença significativa entre si (**Fig. 5a**). As espécies *S. bipunctata* e *T. clavipes* destacaram-se com maior produtividade ($M_d= 365$ e 690 mL respectivamente), por colônia, mas não diferindo estatisticamente entre si. (**Fig. 5a**). No caso do peso do mel *M. marginata* ($M_d= 21,95g$) e *M. quadrifasciata* ($M_d= 92,60g$), não apresentaram diferença estatística, porém a *M. quadrifasciata* não diferiu ($P<0,05$) em relação a *S. bipunctata* ($M_d= 446,04g$), o peso do mel da *T. clavipes* ($M_d= 825,6 g$) foi estatisticamente igual *S. bipunctata* (**Fig. 5b**). Em relação à produção de própolis e geoprópolis os valores não diferiram entre si (**Fig. 5c**).

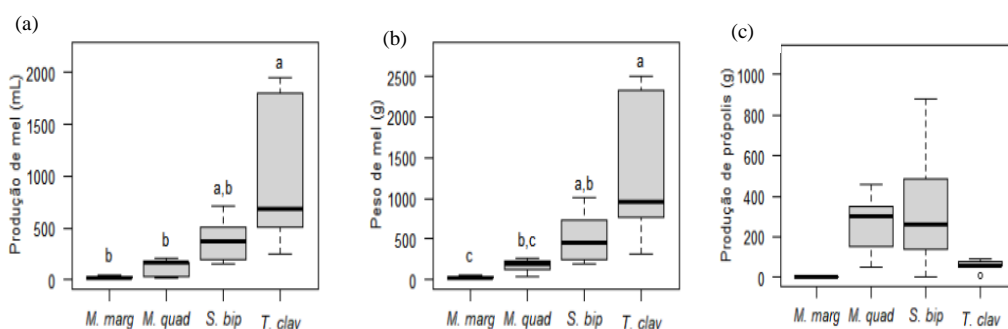


Figura 5- Aspectos produtivo das espécies de Meliponíneos (a) Volume total de mel (b) Peso do mel (c) Produção de própolis ou geoprópolis (Meliponas): *M. marg*= *Melipona (Eomelipona) marginata*; *M. quad*= *Melipona (Melipona) quadrifasciata*; *S. bip*= *Scaptotrigona bipunctata*; *T. clav*= *Tetragona clavipes*. Os valores são representado em mediana (M_d) e a,b e c indicam valores medianos significativamente diferentes ($P < 0,05$).

3.3. Composição florística e análise melissopalínológica

Na área de estudo foram identificadas 161 espécies botânicas, incluindo árvores, arbustos, ervas e lianas, sendo que, 15,5% são exóticas. Pela análise melissopalínológica foi possível registrar nas amostras de melavaliadas, a presença de tipos polínicos pertencentes a 17 famílias, com maior representação para Fabaceae (32,75%) seguida de Myrtaceae (9,5%) e de Asteraceae (9,5%) (**Fig. 6**).

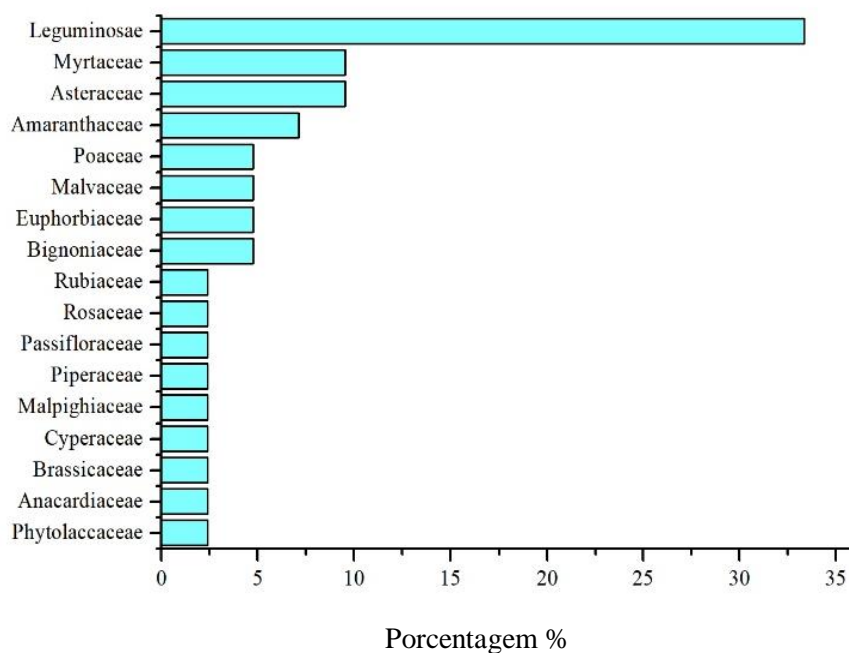


Figura 6- Famílias botânicas encontradas no mel da *Melipona (Eomelipona) marginata*; *Melipona (Melipona) quadrifasciata*; *Scaptotrigona bipunctata*; *Tetragona clavipes*.

Verifica-se que, dependendo da estação do ano e da espécie, as abelhas produziram mel monofloral e polifloral, e que ao todo foi possível identificar 43 tipos polínicos (**Fig. 7 e 8**), de hábitos arbóreos, arbustivos, herbáceos e trepadeiras ou lianas. As espécies de plantas visitada pela *M. marginata* foram predominantemente o *Eucalyptus robusta* Sm. seguido por *Serjania laruotteana* Cambess., a *M. quadrifasciata* se deteve sua coleta de recurso em maior proporção *E. robusta* e a *Mimosa caesalpinifolia* Benth. Ao analisar o mel de *S. bipunctata* observou-se que o polen de *E. robusta* e a *Tipuana tipu* (Benth.) Kuntze foram dominantes. Ao contrário de todas as outras espécies *T. clavipes* concentrou em coletar recursos principalmente de *Amaranthus hybridus* L. (**Fig.7 e 8**)

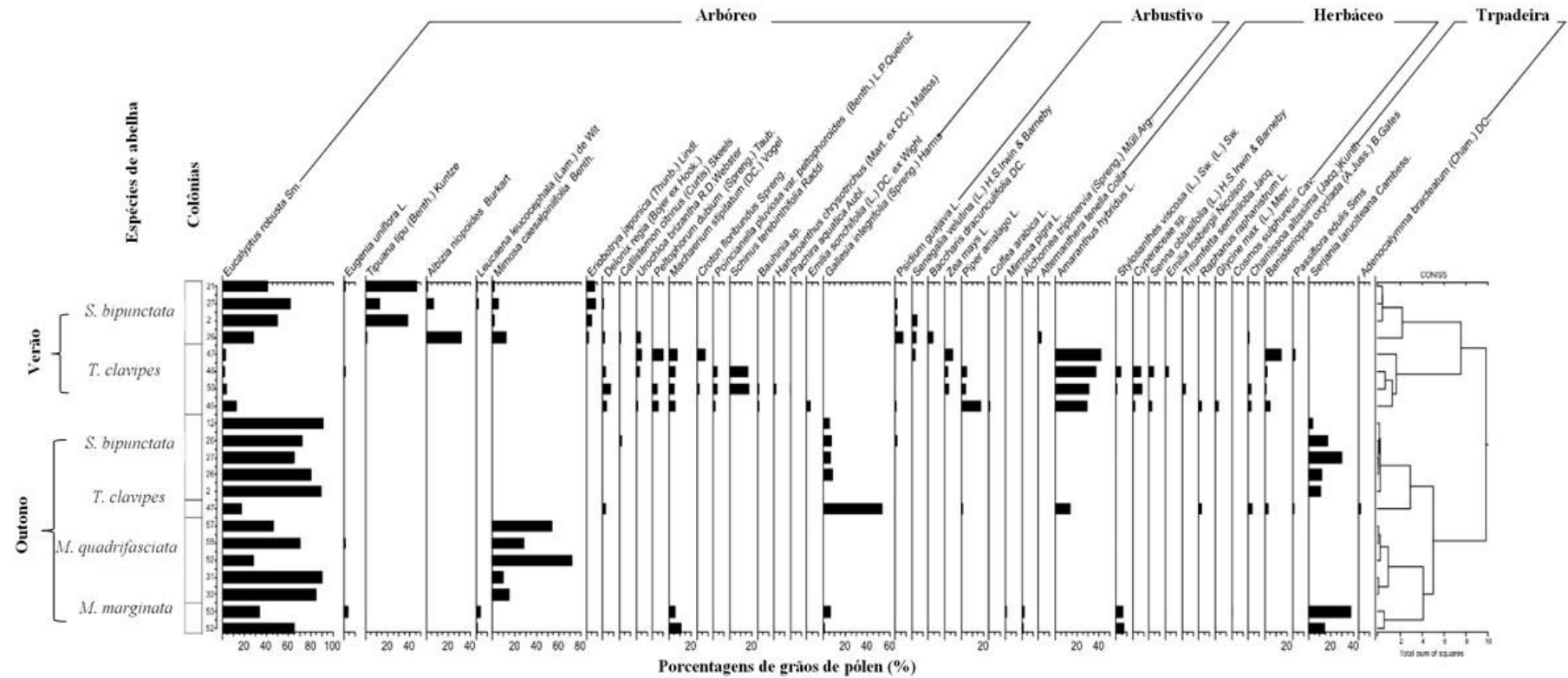


Figura 7- Diagrama (Tilia e Tilia Graph software version 2.1.1) e CONISS software (Grimm 1987) das porcentagens totais dos grãos de pólen suas respectivas espécies, por hábito vegetal e semelhanças, encontrado no mel produzido por *Melipona (Eomelipona) marginata*, *Melipona (Melipona) quadrifasciata*, *Scaptotrigona bipunctata*, *Tetragona clavipes*, durante as estações verão e outono

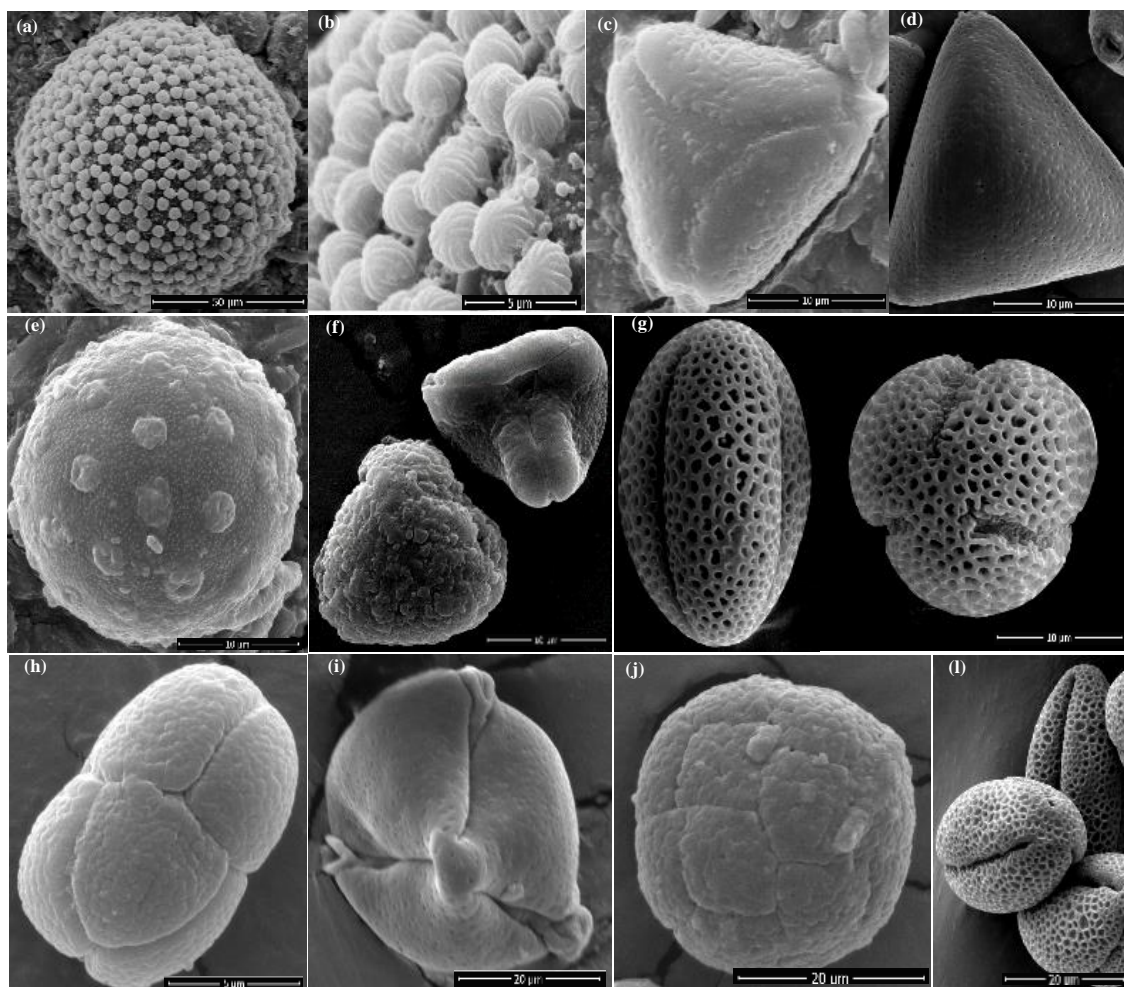


Figura 8—Alguns tipos polínicos em microscopia de varredura, encontrados nos méis das abelhas sem ferrão- (a, b) *Croton floribundus* Spreng. Detalhes da ornamentação (c) *Psidio guajava* L. (d) *Serjania laruotteana* Cambess. (e) *Amaranthus hybridus* L. (f) *Eucalyptus robusta* Sm. (g) *Raphanus raphanistrum* L.—Visão polar e equatorial (h) *Mimosa caesalpinifolia* Benth. (i) *Leucaena leucocephala* (Vaill.) Lam. (j) *Leucaena leucocephala* (Vaill.) Lam. (k) *Albizia niopoides* (Spruce ex Benth.) (l) *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex DC.) Mattos.

3.4. Características físico- químicas do mel

A porcentagem da matéria seca do mel da *M. marginata* (49%) e *M. quadrifasciata* (53%) não diferiram entre si ($P \geq 0,05$), enquanto que *S. bipunctata* (61%) e *T. clavipes* (66%) apresentaram valores médios significativamente iguais ($P \geq 0,05$) (**Fig. 9a**). As porcentagens de matéria mineral encontradas no mel das espécies foram estatisticamente iguais (**Fig. 9b**). As diferenças entre porcentagem proteína bruta presentes nas amostras de mel de *M. marginata* (0,7%) e *T. clavipes* (1,9%) foram significativas e as demais não diferiram entre si (**Fig. 9c**). A porcentagem de frutose no mel da *S. bipunctata* (36%) apresentou diferença significativa em comparação com a da *M. marginata* (27%) e *T. clavipes* (16%), sendo que o mel dessa última não apresentou diferença significativa com as outras duas espécies (**Fig. 9d**); A *T. clavipes* indicou valores médios de glicose significativamente diferentes quando comparados aos méis

das demais (**Fig. 9e**) e, por fim, ao analisarmos o valor de pH podemos perceber que o mel da *M. marginata* apresentou maior nível de acidez ($P=0,04$) quando comparado a *S. bipunctata* ($P=6,3$) (**Fig. 9f**).

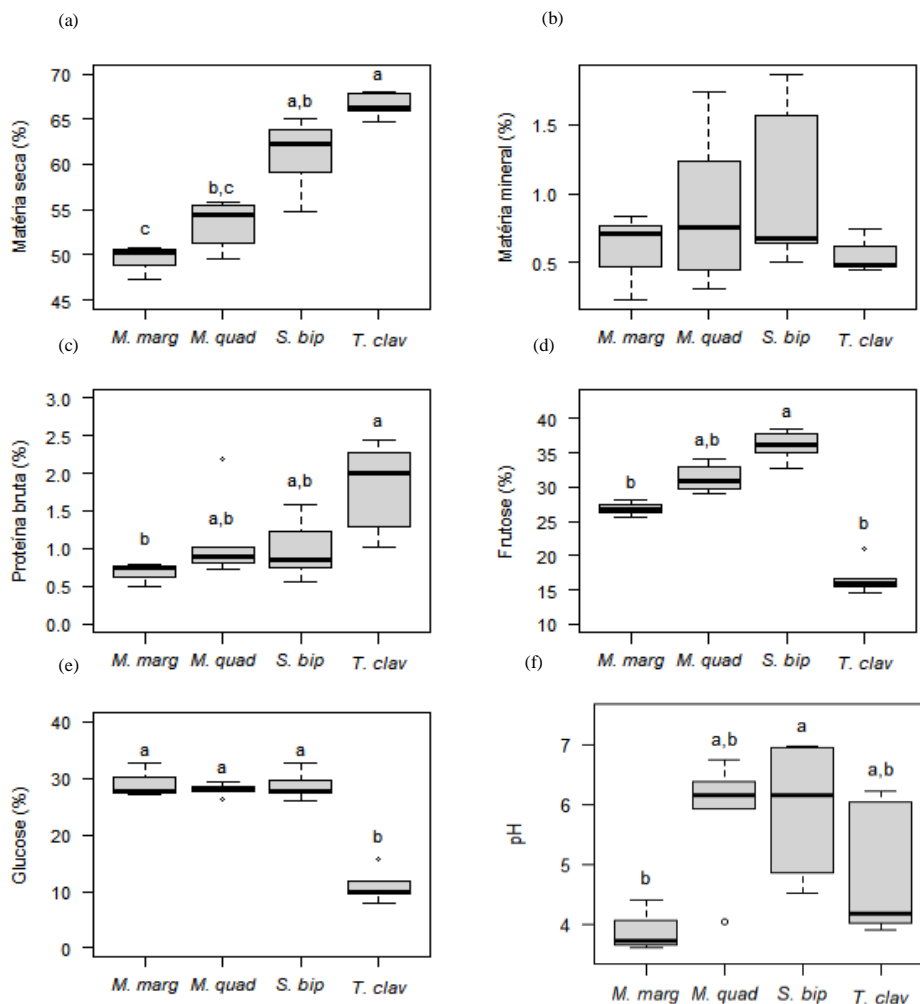


Figura 9-Análise nutricional do mel coletados no outono e verão das abelhas nativas sem ferrão *M. marg*= *Melipona (Eomelipona) marginata* Lepeletier, 1836; *M. quad*= *Melipona (Melipona) quadrifasciata* Lepeletier, 1836; *S. bip*= *Scaptotrigona bipunctata* (Lepeletier, 1836); *T. clav*= *Tetragona clavipes* (Fabricius, 1804). (a) Matéria seca; (b) Matéria mineral; (c) Proteína bruta ;(d) Frutose ;(e) Glicose; (f) pH. Os valores são representado em mediana (M_d); e a, b, c, de valores médios significativamente diferentes ($P < 0,05$).

3.6. Elementos químicos do mel

Os elementos mais abundantes, presentes na maioria das amostras, foram oxigênio (O), seguido por potássio (K). Observamos que os elementos carbono (C) e cloro (Cl) variaram em percentuais entre 8 a 20%, e os demais elementos como sódio

(Na), silício (S), fósforo (P), manganês (Mn) e magnésio (Mg) foram encontrados em menores concentrações, entre 1 a 5% (**Fig. 10**).

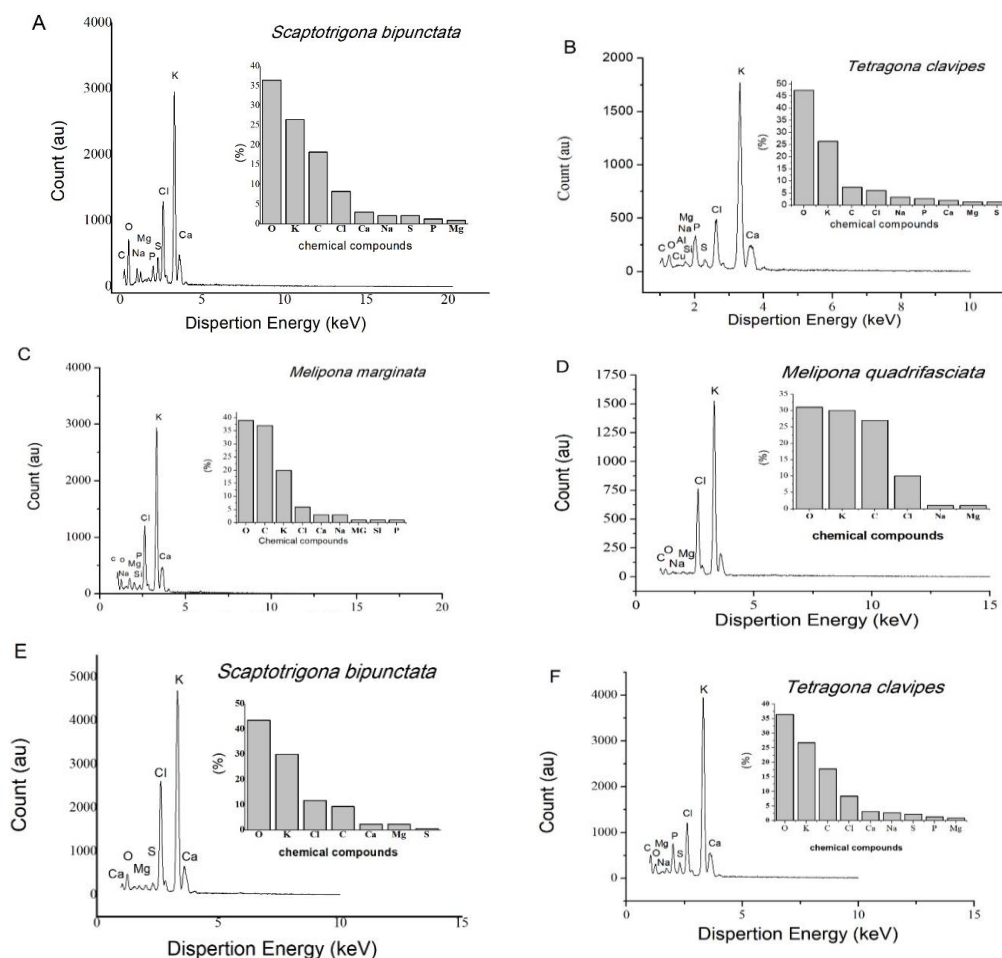


Figura 10- Espectrofotometria por dispersão em energia (EDS). Figuras 10A e B- Espectro do mel *Scaptotrigona bipunctata* *Tetragona clavipes*, respectivamente, durante o verão. Figuras C, D, E e F representam espectros do mel de *Melipona (Eomelipona) marginata*, *Melipona (Melipona) quadrifasciata*, *Scaptotrigona bipunctata* e *Tetragona clavipes*, coletado no outono. No eixo X, a dispersão de energia e no Y, a quantidade de energia (unidade). Ao centro de cada gráfico estão apresentadas as porcentagens referentes aos elementos químicos encontrados no mel.

3.7. Cor do mel

O mel da *M. marginata* e 90% do mel da *M. quadrifasciata* e foram classificados como âmbar extra claro, enquanto para *S. bipunctata* e *T. clavipes* o mel foi classificado como âmbar claro ou mais escuro (**Fig. 11b**). No método CIELAB a *S. bipunctata* no verão apresentou L^* (41,37) significativamente diferente ($P < 0,01$) das demais, seguido pelo mel da espécie *M. marginata* L^* (35,4) e para as demais espécies o valor de L^* variou de 31,26 a 33,76 não havendo diferença estatística ($P \geq 0,05$) entre

as mesmas. Ao analisamos os valores a* notamos que o mel da espécie *S. bipunctata*, colhido no verão, foi o único diferente estaticamente. Os valores de b* não apresentaram médias significativas (Fig. 11b).

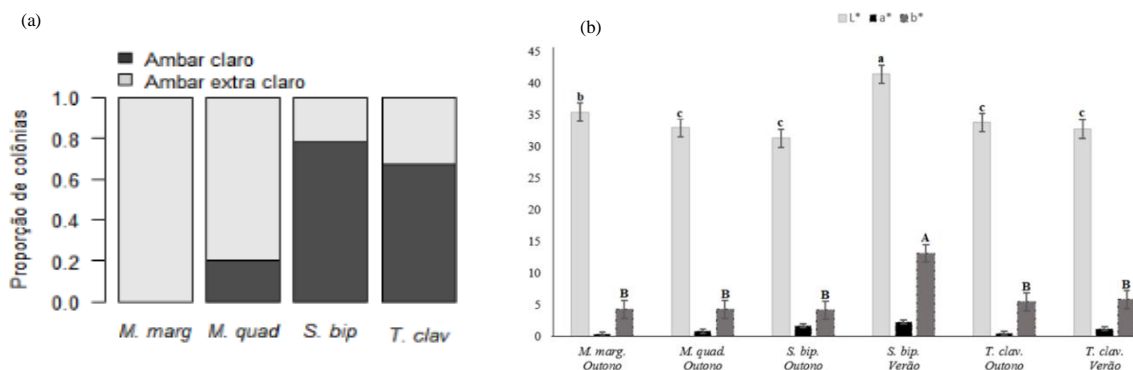


Figura 11- a- Colorímetro (HANNA INSTRUMENTS mod. C221) Os resultados estão em proporções de colônias. b- Sistema de cores CIELAB em amostras de mel de *M. marg*= *Melipona (Eomelipona) marginata*; *M. quad*= *Melipona (Melipona) quadrifasciata*; *S. bip*= *Scaptotrigona bipunctata*; *T. clav*= *Tetragona clavipes*. Os resultados estão representados para as duas estações (verão e outono). a, b e c representam os valores médios significativamente diferentes ($P<0,01$) para L*. A e B representam os valores médios significativamente diferentes ($P<0,01$) em relação a b*. Os valores representam a média de três medições em cada amostra.

3. Discussão

Diferenças no padrão de construção e na estrutura dos potes de mel não foi possível identificar, de acordo com as espécies avaliadas. Isso tem sido observado como comum até dentro de espécies do mesmo gênero, podendo as colônias apresentar características diferentes, como nos orifícios de entrada, nos arranjos dos discos de cria e dos potes para armazenamento de alimentos (Oliveira 2013; Cortopassi-Laurino e Nogueira-Neto 2016).

Em alguns casos existem diferenças marcantes no padrão de construção, as quais podem ser observadas até mesmo entre colônias de uma mesma espécie (Pereira 2019). Em colônias naturais de *T. clavipes* alojadas em troncos de árvores, foi possível verificar que a altura média dos potes foi de 3,42 cm e o diâmetro com valor médio de 2,21cm, resultados semelhantes aos observados nesse estudo (Duarte 2016). É possível indicar aos meliponicutores os padrões de medidas para confecção de potes com cera para melgueiras em estações mais produtivas.

Em alguns casos existem diferenças marcantes no padrão de construção, as quais podem ser observadas até mesmo entre colônias de uma mesma espécie (Pereira 2019). Em colônias naturais de *T. clavipes* alojadas em troncos de árvores, foi possível

verificar que a altura média dos potes foi de 3,42 cm e o diâmetro com valor médio de 2,21cm, resultados semelhantes aos observados nesse estudo estudo (Duarte 2016). É possível indicar aos meliponicutores os padrões de medidas para confecção de potes com cera para melgueiras em estações mais produtivas.

Na avaliação da capacidade produtiva, podemos perceber que a *T. clavipes* (982mL) e a *S. bipunctata* (388mL) apresentaram, respectivamente, produtividades maiores, 96,86 % e 92,49 % quando comparado com *M. marginata* (29,15mL). No entanto, vários fatores podem influenciar na produtividade como, população da colônia (Sakagami e Zucchi 1967), variabilidade genética ou rusticidade (Yamamoto 2007), variáveis meteorológicas (Rodrigues 2007), sazonalidade, riqueza e abundância de espécies em floração, podendo influenciar, também, diretamente na sobrevivência da colônia, na produção de mel, de própolis e de geoprópolis (Jaffé et al. 2015; Venturieri 2017).

Outra forma de eficiência que podemos observar é em relação ao armazenamento de alimento que, para isso, os meliponíneos constroem potes com diferentes variações entre altura, diâmetro, espessura e volume ajustando, assim, suas atividades em resposta às mudanças ambientais (Sánchez e Vandame 2013). Na época em que ocorre floração em massa, as abelhas sem ferrão são capazes de armazenar, em curto período de tempo, grandes quantidades de alimento, para a manutenção da colônia, principalmente em períodos de escassez (Fonseca et al. 2017).

A própolis e o geoprópolis são substâncias produzidas pelas abelhas, que têm como sua principal função a proteção contra intempéreis e predadores. Provavelmente, a capacidade produtiva de própolis está ligada à capacidade de proteção e ao caráter de defensividade.

Com o avanço da urbanização e da intensificação das áreas agrícolas, a paisagem é modificada, podendo resultar em pequenos fragmentos de áreas de preservação permanentes, compostos por plantas nativas, como também por plantas exóticas, que pode comprometer seriamente a biodiversidade e o equilíbrio ambiental, principalmente nas matas ciliares (Sampaio et al. 2012). A diversidade florística pode ser avaliada pela presença de grãos de pólen encontrados no mel. Pois o comportamento de forrageamento e a preferência das abelhas por alguns recursos florais (Ramalho 1990), utilizados são importantes para suprirem as necessidades nutricionais da colônia.

Dentre as quatro espécies de abelhas estudadas, o mel que mais se diferenciou em relação à origem botânica foi o da *T. clavipes*, com número maior de tipos polínicos

(30 espécies), representado principalmente pela herbácea *Amaranthus hybridus* L., pelo arbusto *Piper amalago* L. e pela árvore *Croton floribundus* Spreng.. A coleta de pólen de diversas espécies vegetais pode representar uma estratégia para garantir uma melhor qualidade alimentar das larvas (Aleixo et al. 2017). A sobreposição de recursos nas famílias Leguminosae e Myrtaceae está presente na maioria dos gêneros de abelhas sem ferrão (Ramalho 1990; Abreu et al. 2014; Aleixo et al. 2017; Massaro et al. 2018; Freitas et al. 2018), incluindo abelha africanizada introduzida no Brasil *A. mellifera* (Sekine et al. 2019; Moraes et al. 2019). Esse comportamento em visitar plantas de porte arbóreo permite eficiência na polinização e contribui para a perpetuação de nossas florestas (Barth et al. 2018).

A importante presença do pólen de *Eucaliptos robusta* nas amostras de mel das quatro subespécies foi destacada na Figura 07, sendo que a importância do *Eucaliptos* sp. também tem sido destacada por outros autores em amostras de mel da região oeste do Paraná como Sekine et al. (2019) e Moraes et al. (2019). As espécies potencialmente nectaríferas do gênero *Serjania* (Alves et al. 2014) e *Croton* (Borges et al. 2014; Morais et al. 2019), e as espécies *Alchornea triplinervia* (Spreng.) Müll.Arg., *Tipuana tipu* (Benth.) e *Machaerium stipitatum* (DC.) Vogel (Rcpol 2020), sem dúvida contribuíram para produção de mel dessas abelhas. Contudo, o comportamento de forrageamento de uma abelha é determinado pelos recursos a que tem acesso, sendo influenciado pela qualidade, dispersão, quantidade e competição por esses recursos, e por condições ambientais que irão caracterizar o valor nutricional do mel (Roubik 1989).

Em nossos dados verificamos a presença de muitos compostos nutricionais e características que são intrínsecas ao mel dos meliponíneos, como o baixo teor de matéria seca principalmente no mel do gênero *Melipona*, em comparação ao mel de *A. mellifera* (Alvarez-Suarez et al. 2018), (Sousa et al. 2006; Vit 2013; Almeida-Muradian 2013). Assim, essa propriedade física pode variar de acordo com a espécie de abelha (Oliveira e Santos 2011; Menesses et al. 2018). Além disso, as condições ambientais e origem floral pode influenciar nos níveis de matéria seca.

O mel apresenta em sua composição, concentrações baixas de proteínas, que pode variar entre 0,04 e 1,21% (Souza et al. 2009), variação essa que se deve, principalmente, à presença de maior concentração de grãos de pólen no mel (Sohaimy et al. 2015), uma vez que são a principal fonte protéica utilizada pelas abelhas e acabam sendo carregados para o mel (Sattle et al. 2015; Sereia et al. 2018; Nascimento et al. 2019). Esse fato pôde ser observado no presente estudo no momento da diluição do mel

para análise de origem botânica, a qual percebemos uma concentração maior de grão de pólen no mel da *T. clavipes* que resultou em média 27,3% a mais no teor de proteína em relação a *M. marginata*. Além disso, a presença de algumas enzimas importantes, tais como glicose oxidase, invertase e diastase podem contribuir para a presença de níveis maiores de proteínas (Anklam 1998; Subramanian et al. 2007; Habib et al. 2014).

O mel em sua composição natural é uma substância complexa, sendo rico em muitos compostos biativos (Habib et al. 2014; Komosinska-Vassev et al. 2015; Biluca et al. 2016), caracterizado naturalmente por conter alta proporção de carboidratos (Sousa et al. 2006; Ribeiro et al. 2018), além de água, traços de proteínas em pequenas quantidades (Nweze et al. 2017; Tuksitha et al. 2018) e minerais (Suntiparapop et al. 2012).

Quanto à composição química mineral, o K e o P apresentaram-se em maiores concentrações em comparação com as pequenas concentrações de Mg, Cu e Mn. A determinação desses elementos é importante para verificar sua qualidade e autenticidade como alimento funcional com propriedades bioativas (Suntiparapop et al. 2012; Biluca et al. 2016; Leyva-Moguel et al. 2019). A presença desses minerais está associada à nutrição mineral do solo, às condições ambientais e à origem botânica e geográfica dos vegetais que as abelhas visitaram em busca do néctar (Karabagias et al. 2014).

A principal fonte de carboidratos das abelhas é o néctar, este por sua vez é convertido em mel dentro da colônia, essa transformação incluir principalmente as enzimas amilase, glicose oxidase e invertase, que aumentam a acidez e converte a sacarose presente no néctar, em frutose, a mais abundante, e glicose sendo estes os principais constituintes do mel (Habib et al. 2014; Wheeler e Robinson 2014). No mel da *S. bipunctata*, *M. marginata* e *M. quadrifasciata* foi encontrada maior concentração de frutose, enquanto o mel da *T. clavipes* apresentou baixas concentrações, tanto de glicose quanto de frutose, fato provavelmente influenciado pela a origem botânica diferenciada do mel da *T. clavipes*. Parâmetros adicionais como clima, diferenças genéticas entre colônias ou espécie de abelhas e outros componentes do néctar, também influenciam a atividade enzimática e concentrações de carboidratos, sendo esses parâmetros determinantes na qualidade do mel (Lichtenberg-kraag et al. 2014).

O hidroximetilfurfural (HMF) é amplamente conhecido como determinador do frescor no mel, uma vez que sua ausência aponta fator de qualidade, pois elevados índices de HMF podem indicar adulteração do mel (Almeida-Muradian 2013), visto que, durante o processamento e envelhecimento desse produto, a atividade da enzima

tende a aumentar (Sousa et al. 2016). A concentração da atividade de HMF não foi detectada no mel de abelha no presente estudo, pois valores inferiores a $0,31 \text{ mg.L}^{-1}$ não permitem a sua detecção (Biluca et al. 2016).

De acordo com o regulamento técnico de identidade e qualidade do mel de *A. mellifera*, a determinação do pH não é um parâmetro obrigatório, mas é importante sua mensuração (Vit 2013) pois, a presença de ácidos orgânicos no mel pode ser atribuído à fonte floral da qual as abelhas coletaram o néctar e à ação de microrganismos (Sousa et al. 2016), sendo portanto importante para sua caracterização. A maioria do mel produzido pelas espécies em estudo apresentaram níveis mais elevados, quando comparados ao mel de *A. mellifera*. O alto índice do pH mensurado no mel de abelhas sem ferrão pode favorecer maior atividade probiótica (Mélo et al. 2019).

A cor, no primeiro momento, pode ser um fator determinante, pois tem forte relação com a presença de flavonoides e fenólicos. Esses grupos de compostos biológicos são extremamente relevantes, pois ambos os grupos desempenham um papel fundamental com relação às propriedades biológicas especificamente na atividade antimicrobiana e antioxidantes (Al-Farsi et al. 2018; Tuksitha et al. 2018).

5. Conclusão

Dependendo da espécie de abelha ou época do ano os meliponíneos podem construir ou moldar os potes de armazenamento de mel com pequenas variações nas dimensões. As espécies *T. clavipes* e *S. bipunctata* seguem um padrão na construção dos potes independente da estação. A espécie *S. bipunctata* apresentou maior capacidade de armazenar própolis e, dentre as melíponas a *M. quadrifasciata* em estocar geoprópolis. Em relação à produção de mel, a *T. clavipes* e *S. bipunctata* demonstraram maior capacidade produtiva. As abelhas utilizaram uma diversidade de plantas como fonte de néctar, sendo o *Eucalyptus robusta*, imprescindível fonte de néctar para a produção de mel na maioria das espécies. O mel apresentou valores numericamente mais elevados de proteína e baixo teor de glicose para *T. clavipes*, enquanto para demais espécies do gênero *Melipona* e *S. bipunctata* há uma concentração maior em níveis glicose.

6. Referências

- Abreu OC, Hilário SD, Luz CFP, dos Santos IA (2014) Pollen and nectar foraging by *Melipona quadrifasciata anthidioides* Lepeletier (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) in natural habitat. *Sociobiology* 61: 441-448.
- Aleixo KP, Faria LB, Groppo M, Nascimento CMM, Silva CI (2014) Spatiotemporal distribution of floral resources in a Brazilian city: Implications for the maintenance of pollinators, especially bees. *Urban forestry & urban greening* 13: 689-696.
- Almeida-Muradian LB, Sousa RJ, Barth OM, Gallmann P (2014) Preliminary data on Brazilian monofloral honey from the northeast region using FT-71 IR ATR spectroscopic, palynological, and color analysis. *Química Nova* 37: 716-719.
- Alves TTL, Mascena VM, Silva JN, Freitas BM (2014) Diversidade de insetos e frequência de abelhas visitantes florais de *Serjania lethalis* na Chapada do Araripe. *Diversity of insects and frequency of bee visitors in Serjania lethalis in the Chapada do Araripe. Revista Verde* 9: 112-116.
- Al-Farsi M, Al-Amri A, Al-Hadhrami A, Al-Belushi S (2018) Color, flavonoids, phenolics and antioxidants of Omani honey. *Heliyon* 4:10 e00874.
- Almeida-Muradian LB, (2013) *Tetragonisca angustula* pot-honey compared to *Apis mellifera* honey from Brazil. In: Vit P, Pedro SRM, Roubik DW (eds) *Pot-honey: a legacy of stingless bees*, 1st edn. Springer, New York, pp 375-382.

Anklam E, (1998) A review of the analytical methods to determine the geographical and botanical origin of honey. *Food Chemistry* 63: 549–562.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC), (1990) Official methods of analysis. *Association of Official Analytical Chemists* 15: 684.

Barros ZX, Tornero MT, Stipp NA, Cardoso LG, Pollo RA (2004) Estudo da adequação do uso do solo, no município de Maringá-PR, utilizando-se de geoprocessamento. *Engenharia Agrícola* 24: 436-444.

Barth OM, de Freitas ADS, Vanderborgth B (2018) Pollen Storage by *Melipona quadrifasciata anthidioides* in a Protected Urban Atlantic Forest Area of Rio de Janeiro, Brazil In: Vit P, Pedro SRM, Roubik DW (eds) *Pot-Pollen in Stingless Bee Melittology*, 1st edn. Springer, Cham, pp 103-109.

Bicchieri M, Ronconi S, Romano FP, Pappalardo L, Corsi M, Cristoforetti G, Tognoni E (2002) Study of foxing stains on paper by chemical methods, infrared spectroscopy, micro-X-ray fluorescence spectrometry and laser induced breakdown spectroscopy. *Spectrochimica. Acta Part B: Atomic Spectroscopy* 57: 1235-1249.

Borges RLBD, Jesus MCD, Camargo RCRD, Santos FDARD (2014) Pollen content of marmeleiro (*Croton* spp., Euphorbiaceae) honey from Piauí State, Brazil. *Palynology* 38: 179-194.

Biluca FC, Della Betta F, de Oliveira, GP, Pereira, LM, Gonzaga, LV, Costa, ACO,

Fett, R (2016) 5-HMF and carbohydrates content in stingless bee honey by CE before and after thermal treatment. *Food Chemistry* 159: 244-249.

Cortopassi-Laurino M, Nogueira-Neto P (2016) *Abelhas sem Ferrão do Brasil*. EDUSP São Paulo

Duarte R, Souza J, Soares AEE (2016) Nest Architecture of *Tetragona clavipes* (Fabricius) (Hymenoptera, Apidae, Meliponini). *Sociobiology* 63: 813-818.

Dunn OJ, (1964) Multiple comparisons using rank sums. *Technometrics* 6:241–252.

Erdtman G, (1960) The acetolysis method. A revised description. *Svensk Botanic. Tidsk* 54: 561-564.

Fonseca VLI, Koedam D, Hrcnier M (2017) A abelha jandaíra no passado, no presente e no futuro. *EduFERSA* 254.

Freitas ADS, Vanderborght B, Barth OM (2018) Pollen resources used by *Melipona quadrifasciata anthidioides* Lepeletier in an urban forest in Rio de Janeiro City, Brazil. *Palynology* 42: 392-399.

Grimm EC, (1987) Coniss: a Fortran 77 program for stratigraphically constrained cluster analysis by the method of the incremental sum of squares. *Computers & geosciences* 13: 13-35.

- Habib HM, Al Meqbali FT, Kamal H, Souka UD, Ibrahim WH (2014) Physicochemical and biochemical properties of honeys from arid regions. *Food Chemistry* 153: 35-43.
- IBGE, (2012) Manual técnico da vegetação brasileira: sistema fitogeográfico: inventário das formações florestais e campestres : técnicas e manejo de coleções botânicas : procedimentos para mapeamentos. IBGE 2:272.
- Jaffé R, Pope N, Carvalho AT, Maia UM, Blochtein B, de Carvalho CAL, Venturieri GC (2015) Bees for development: Brazilian survey reveals how to optimize stingless beekeeping. *Plos One* 10: 1-21.
- Karabagias IK, Badeka A, Kontakos S, Karabournioti S, Kontominas MG (2014) Characterisation and classification of Greek pine honeys according to their geographical origin based on volatiles, physicochemical parameters and chemometrics. *Food Chemistry* 146: 548-557.
- Kerr WE, Carvalho GA, Nascimento VA (1996) Abelha urucu – biologia, manejo e conservação. Fundação Acangaú, Belo Horizonte
- Kleinert AM, Ramalho M, Cortopassi-Laurino M, Ribeiro, MDF, Imperatriz-Fonseca V L (2009) Abelhas sociais (Bombini, Apini, Meliponini). Embrapa Semiárido- Capítulo em livro técnico (INFOTECA-E).

- Kruskal WH, Wallis A (1952) Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American Statistical Association* 47: 583–621.
- Komosinska-Vassev K, Olczyk P, Kaźmierczak J, Mencner L, Olczyk K (2015) Bee pollen: chemical composition and therapeutic application. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* 2015: 1-6.
- Leyva-Moguel K, Sosa-Moguel O, Pino JA, Bolivar-Moreno D, Cuevas-Glory L (2019) Physicochemical parameters of liquid and spray-dried honey of stingless bee *Scaptotrigona pectoralis*. *Journal of Apicultural Research* 2017: 1-9
- Louveaux J, Maurizio A, Vorwohl G (1978) Methods of melissopalynology. *Bee World* 59:139-157.
- Lichtenberg-Kraag B, (2014) Evidence for correlation between invertase activity and sucrose content during the ripening process of honey. *Journal of Apicultural Research* 53: 364-373.
- Maack R, (1968) *Geografia física do Estado do Paraná*. Curitiba: BADEP. 350.
- Mann HB, Whitney DR (1947) On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. *The Annals of Mathematical Statistics* 18: 50-60.

Marchini LC, Reis VDA, Moreti ACCC (2006) Composição físico-química de amostras de pólen coletado por abelhas Africanizadas *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) em Piracicaba, Estado de São Paulo. *Ciências rural* 36: 949-953.

Mélo DFHC, Menezes FNDD, de Sousa JMB, dos Santos LM, Borges GDSC, de Souza, EL, Magnani M (2019) Prebiotic activity of monofloral honeys produced by stingless bees in the semi-arid region of Brazilian Northeast. *Lactobacillus acidophilus* LA-05 and *Bifidobacterium Lactis* BB-12. *Food Research International* 128: 108809.

Morgado LN, Andrade RC, Lorenzon MCA, Gonçalves-Esteves V (2011) Pollen used by *Tetragonisca angustula* Latreille (Apidae: Meliponina). *Acta Botanica Brasilica* 25: 932-934.

Moraes FJ, Garcia RC, Galhardo D, Camargo SC, Pires BG, Pereira DJ, de Sousa PHA A (2019) Pollen analysis of honey samples produced in the counties of Santa Helena and Terra Roxa, western Region of Paraná, Southern Brazil. *Sociobiology* 66: 327-338.

Nascimento JEM, Freitas BM, de Souza PFAJ, Pereira ES, Meneses HM, Alves JE da Silva CI (2019) Temporal variation in production and nutritional value of pollen used in the diet of *Apis mellifera* L. in a seasonal semideciduous forest. *Sociobiology* 66: 263-273.

Nweze JA, Okafor JI, Nweze EI, Nweze JE (2017) Evaluation of physicochemical and antioxidant properties of two stingless bee honeys: a comparison with *Apis mellifera* honey from Nsukka, Nigeria. BMC Research Notes 10: 566.

Oliveira FF, Richers BTT, Silva JR, Farias RC, Matos TAL (2013) Guia Ilustrado das Abelhas “Sem-ferrão” das reservas Amanã e Mamirauá, Brasil (Hymenoptera, Apidae, Meliponini). IDSM, Tefé

Ollerton J, Winfree R, Tarrant S (2011) How many flowering plants are pollinated by animals? Oikos, 120: 321-326.

Pereira FDM, Meirelles R, Moraes JDS, Pereira L, Souza BDA, Lopes MDR (2019) Contribuição ao conhecimento da bionomia de abelha tíuba, *Melipona fasciculata*. Embrapa Meio-Norte-Artigo em periódico indexado (ALICE).

Queiroz ACM, Leão KL, Contrera FAL, Teixeira JC, Menezes C (2019) Stingless bees fed on fermented soybean-extract-based diet had reduced lifespan than pollen-fed workers. Sociobiology 66: 107-112.

Ramalho M, (1990) Foraging by stingless bees of the genus, *Scaptotrigona* (apidae, meliponinae). Journal of Apicultural research 29: 61-67.

Rede de Catálogos Polínicos online (RCPol), (2019) www.rcpol.org.br. Rede de catálogos polínicos online. Disponível em: < <http://chaves.rcpol.org.br/> >. acesso em: 20/0/2020

- Ribeiro GP, Villas-Bôas JK, Spinosa WA, Prudencio SH (2018) Influence of freezing, pasteurization and maturation on tiúba honey quality. LWT 90: 607-612.
- Rodrigues M, Santana WC, Soares AEE (2007) Flight activity of *Tetragona clavipes* (Fabricius, 1804) (Hymenoptera, Apidae, Meliponini). Bioscience Journal 23: 118-124.
- Roubik DW, (1989) Ecology and natural history of tropical bees. New York: Cambridge Univ. Press 514.
- Roubik DW, (2006) Stingless bee nesting biology. Apidologie 37: 124–143.
- Sakagami SF, Montenegro MJ, Kerr WE (1965) Behavior studies of the stingless bees, with special reference to the oviposition process: V. *Melipona quadrifasciata anthidioides* Lepeletier. Minutes of Faculty of Science, Hokkaido University 15: 578-607.
- Sakagami SF, Zucchi R (1967) Behavior studies of the stingless bees, with special reference to the oviposition process: VI. *Trigona (Tetragona) clavipes*. (With 6 Text-figures and 2 Tables). Minutes of Faculty of Science, Hokkaido University 16: 292-313.
- Sampaio ACF, Blum CT, Monteiro PJM, Germano T, De Angelis BLD (2019) Avaliação da cobertura florestal no município de Maringá, Paraná. Revista da

Sociedade Brasileira de Arborização Urbana 7: 89-101.

Sánchez D, Vandame R (2013) Stingless bee food location communication: from the flowers to the honey pots In: Vit P, Pedro SRM, Roubik DW (eds) Pot-honey: a legacy of stingless bees, 1rd edn. Springer, New York, pp 187-200.

Sattler JAG, de Melo ILP, Granato D, Araújo E, de Freitas ADS, Barth OM, de Almeida-Muradian LB (2015) Impact of origin on bioactive compounds and nutritional composition of bee pollen from southern Brazil: A screening study. Food Research International 77: 82-91.

Sekine ES, Takashiba EH, Bueno RO, Bueno PAA, Caxambu MG, Sereia MJ, Toledo V A (2019) Floral origin and physical and chemical characteristics of honey from Africanized bees in apiaries of Ubiratã and Nova Aurora, State of Paraná. Sociobiology 66: 126-135.

Sereia MJ, Sereia AL, Parpinelli RS, de Lima ÉG, dos Santos AR, Anjo FA, de Toledo VDAA (2018) Freeze and spray drying of *Scaptotrigona bipunctata* (Lepeletier, 1836) pollen-development and physicochemical characterization. African Journal of Food Science 12: 367-373.

Silva CI (2014) Catálogo polínico das plantas usadas por abelhas no Campus da USP de Ribeirão Preto. Holo 1: 1-153.

- Sohaimy SA, Masry SHD, Shehata MG (2015) Physicochemical characteristics of honey from different origins. *Annals of Agricultural Sciences* 60: 279-287.
- Souza BA, Roubik DW, Barth OM, Heard TA, Enríquez E, Carvalho C, Almeida-Muradian L (2006) Composition of stingless bee honey: setting quality standards. *Interciencia* 31: 867-875.
- Souza BDA, Marchini LC, Oda-Souza, M, Carvalho CALD, Alves RMDO (2009) Caracterização do mel produzido por espécies de *Melipona* Illiger, 1806 (Apidae: Meliponini) da região nordeste do Brasil: 1. Características físico-químicas. *Química nova*, 32: 303-308.
- Sousa JMB, de Souza EL, Marques G, de Toledo Benassi, M, Gullón B, Pintado MM, Magnani M (2016) Sugar profile, physicochemical and sensory aspects of monofloral honeys produced by different stingless bee species in Brazilian semi-arid region. *LWT-Food Science and Technology*, 65: 645-651.
- Subramanian R, Umesh Hebbar H, Rastogi NK (2007) Processing of honey: A review. *International Journal of Food Properties* 10: 127-143.
- Suntiparapop K, Prapaipong P, Chantawannakul P (2012) Chemical and biological properties of honey from Thai stingless bee (*Tetragonula leaviceps*). *Journal of Apicultural Research*, 51: 45-52.

- Tuksitha L, Chen YLS, Chen YL, Wong KY, Peng, CC (2018) Antioxidant and antibacterial capacity of stingless bee honey from Borneo (Sarawak). *Journal of Asia-Pacific Entomology* 21: 563-570.
- Veloso HP, Góes-Filho L (1982) Fitogeografia brasileira - classificação fisionômico ecológica da vegetação neotropical. *Boletim Técnico Projeto RADAMBRASIL – Série Vegetação* 1: 1-80.
- Venturieri GC, Leão KL, Rêgo EDS, Venturieri GA (2018) Honey production of the “uruçu-cinzenta” stingless bee (*Melipona fasciculata*) after offering cerumen in natural form or as artificially made pots. *Journal of Apicultural Research*, 57: 129-134.
- Vit, P, Pedro S R, Roubik D (2013) *Pot honey - a legacy of stingless bees*. New York: Springer 654.
- Vossler FG, Blettler DC, Fagúndez GA, Dalmazzo M (2018) Stingless Bees as Potential Pollinators in Agroecosystems in Argentina: Inferences from Pot-Pollen Studies in Natural Environments. In: Vit P, Pedro SRM, Roubik DW (eds) *Pot-Pollen in Stingless Bee Melittology*, 1rd edn. Springer, Cham, pp 155-175
- Yamamoto DY, Akatsu IP, Soares AEE (2007) Quantificação da produção do mel de *Scaptotrigona* aff. *depilis* (Hymenoptera, Apidae, Apinae) do município de Luiz Antônio, São Paulo, Brasil. *Bioscience Journal* 23: 89-93.

Zar JH, (2010) *Biostatistical Analysis*. Prentice-Hall/Pearson, Upper Saddle River, 5:944.

Wheeler MM, Robinson GE (2014) Diet-dependent gene expression in honey bees: honey vs. sucrose or high fructose corn syrup. *Scientific Reports* 4: 5726.

V. Origem floral, composição físico-química do pólen utilizado por meliponíneos e *Apis mellifera scutellata* Lepeletier no sul do Brasil

(Journal of Chemical Ecology)

Resumo

O pólen estocado na colônia de abelhas é modificado utilizado como alimento em todos os estágios de crescimento da colônia, sendo esse a principal fonte de proteínas e minerais necessários para o desenvolvimento larval. Este por sua vez é o resultado da aglutinação dos minúsculos grãos de pólen retirado das flores, sendo adicionadas pequenas quantidades de néctar, mel, secreção das glandulares e enzimas. Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo identificar a origem botânica, aspectos nutricionais e determinar o padrão de cor presente no pólen das espécies *Apis mellifera scutellata* Lepeletier (*afriacanizada*), *Melipona (Eomelipona) marginata* (Manduri), *Melipona (Melipona) quadrifasciata* (Mandaçaia), *Scaptotrigona bipunctata* (Tubuna) e *Tetragona clavipes* (Borá). Para isso instalamos cinco colônias de cada espécie no apiário e meliponário da fazenda experimental Iguatami da Universidade Estadual de Maringá, de junho de 2018 a maio 2019. Mensalmente era coletado pólen estocado nos potes das colônias de ASF e para *Apis mellifera scutellata* coletado da entrada da colônia, totalizando 245 amostras: *M. marginata* (42) *M. quadrifasciata* (44) *S. bipunctata* (58) *T. clavipes* (46) e *A. m. scutellata* (55). Posteriormente foram verificadas a origem botânica, valor nutricional e cor do pólen para todas as espécies. Ao todo foram utilizadas 89 espécies de planta dentre as espécies, sendo que as africanizadas (46) e *T. Clavipes* (69) Foram mais generalistas que as melíponas e *S. bipunctata*. Dentre as diversas plantas o *Eucalyptus robusta* esteve presente na dieta de todas as espécies como uma importante fonte de pólen. A porcentagem da proteína bruta do pólen das espécies *M. quadrifasciata* ($27,05 \pm 8,00\%$), *M. marginata* ($23,95 \pm 6,41\%$) apresentaram valores maiores que demais espécies. Em relação matéria seca do polen das africanizadas ($90,42 \pm 3,18\%$), *T. clavipes* ($90,46 \pm 1,85\%$) manteve maiores valores. E os valores de matéria mineral variaram de 2,78 a 4,08 % entre as espécies de abelhas, os valores de energia bruta *M. quadrifasciata* ($5113,24 \pm 239,45$ cal/g), *M. marginata* ($4848,77 \pm 175,55$ cal/g) e *S. bipunctata* ($4703,38 \pm 112,42$ cal/g) mas, a *M. quadrifasciata* é diferente estatisticamente da *M. marginata* e da *S. bipunctata*. A cor variou ao longo dos meses e entre as espécies. Com isso concluímos que os

meliponíneos e *Apis mellifera scutellata* utilizam uma diversidade de plantas como fonte polinífera, nas espécies *M. quadrifasciata* e *M. marginata* e *T. bipunctata* em menor intensidade e moldam a sua dieta de acordo com os táxons disponíveis, compartilhando mesmo nicho trófico em algumas floradas específicas com as demais espécies. Em relação ao valor nutricional, as abelhas do gênero *Melipona* estocam pólen com valores proteico mais elevado. As abelhas não seguem um padrão de cor no pólen estocado e variam ao longo do ano em todas as espécies sendo influenciado principalmente pela flora utilizada por cada espécie.

Palavras-chave: Flora polinífera, nutrição de abelhas, abelhas sem ferrão, abelhas introduzidas.

1. Introdução

A flora apícola pode ser definida por plantas fornecedoras de recursos florais (néctar, pólen, resina). Essa vegetação pode ser natural, formada a partir de plantas nativas, ou resultante de paisagens agrícolas e plantas introduzidas (Souza et al. 2018). Dessa forma, torna-se importante conhecer a flora apícola local de uma determinada região, conhecimento que permite a identificação de fontes de alimento usadas pelas abelhas na alimentação dos adultos e imaturos, como para aumentar a produtividade (Faria et al. 2012; Aleixo et al. 2014, Rodríguez et al. 2019).

O pólen estocado na colônia é modificado e utilizado como alimento em todos os estágios de crescimento da colônia, sendo esse a principal fonte de proteínas e minerais necessários para o desenvolvimento larval. Este é resultado da aglutinação dos minúsculos grãos de pólen retirados das flores, adicionado pequenas quantidades de néctar, mel e secreção das glândulas hipofaríngeas, como a enzima β -glicosidase (Graikou et al. 2011; Almeida-Muradian et al. 2014; Pascoal et al. 2014).

Esse processo permite uma interação entre as plantas que se beneficiam por meio da polinização, garantindo dessa forma a perpetuação da espécie e disponibilizam às abelhas os recursos que as mesmas utilizam para o crescimento, reprodução, desenvolvimento e manutenção das colônias (Villanueva-Gutiérrez et al. 2015). A relação entre abelhas e plantas também pode ser observada por meio da análise do pólen transportado pelas operárias ou daquele armazenado em células de cria ou em potes de alimento (Oliveira et al. 2009). Os estudos dos grãos de pólen nos produtos

apícolas/meliponícolas visam, sobretudo, determinar a origem das fontes florais utilizadas pelas abelhas na elaboração do mel e pólen (Barth 2004).

A quantidade e a qualidade do pólen coletado estão intimamente relacionadas ao tipo de vegetação e disponibilidade de recurso floral (Nascimento et al. 2019). O que permite ser encontrado no pólen coletado pelas abelhas cerca de 250 substâncias, sendo esse constituído principalmente por proteínas, aminoácidos, lipídios, vitaminas, minerais, carotenoides, compostos fenólicos e flavonoides (Komosinska-Vassev et al. 2015; Duarte et al. 2018). A composição química e características físicas como a cor podem variar de acordo com a origem botânica, estando também relacionada a fatores ambientais sazonais e método de processamento (Szczesna et al. 2002; Song et al. 2019).

As abelhas podem selecionar recursos florais que complementem os desequilíbrios nutricionais dentro da colônia, uma vez que abelhas exigem uma dieta nutricionalmente equilibrada (Hendriksma et al. 2016). No entanto, podem apresentar preferências de consumo de alguns tipos polínicos, que variam de acordo com a espécie de abelha, porém componentes genéticos podem influenciar diretamente no comportamento alimentar desses insetos (Carroll et al. 2017). Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo identificar a origem botânica, aspectos nutricionais e avaliar a cor do pólen das espécies de quatro espécies de meliponíneos e *Apis mellifera*.

2. Material e métodos

2.1. Área de estudo

O estudo foi realizado no período entre junho de 2018 a maio de 2019, no setor de apicultura e meliponicultura na Fazenda Experimental da Universidade Estadual de Maringá. O município de Maringá se situa na mesoregião noroeste do Paraná, entre as coordenadas 23°15'15" e 23°33'27" S e 51°50'05" e 52°05'59" W (Barros et al. 2004), sendo cortado pelo Trópico de Capricórnio. O clima local é do tipo Cfa (h), subtropical úmido mesotérmico, definido geograficamente pelo traçado do trópico de Capricórnio, na sua região norte (Maack 1968). O índice pluviométrico está acima de 1500mm por ano (**Tabela 1**). O município de Maringá-PR enquadra-se na região fitogeográfica denominada Floresta Estacional Semidecidual (Veloso e Goes-Filho 1982; IBGE 2012).

Mês	Temp. max (°C)	Temp. min (°C)	T. média	Umid (%)	Precip (mm)
Junho	30,6	8,6	19,7	69,00	62,4
Julho	31,1	6,6	26	50,00	5,4
Agosto	33,2	6,9	18,8	64,00	224,2
Setembro	35,7	9,9	22	62,00	151,8
Outubro	32,4	15,2	23,1	72,00	279,4
Novembro	34,5	15,6	24,2	66,00	143,6
Dezembro	36,6	15,6	25,9	61,00	105,2
Janeiro	37,1	19,4	24,1	68,00	187,4
Fevereiro	38,1	18	24,3	65,00	118,0
Março	31,8	17,2	25,3	89,10	143,0
Abril	31,7	16,8	24,3	73,00	49,8
Mai	31,6	12	21,3	62,00	86,0

Tabela 1- Dados meteorológicos de temperatura mínima, máxima e média, Umidade e precipitação no município de Maringá-PR de Junho de 2018 a maio 2019 (fonte: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais –INPE)

2.2. Espécies de abelhas utilizadas

Para a realização desse estudo foram utilizadas cinco espécies (cinco colônias por espécie); *Apis mellifera scutellata* Lepeletier 1836 (africanizada), *Melipona (Eomelipona) marginata* Lepeletier, 1836, (Manduri) *Melipona (Melipona) quadrifasciata* Lepeletier, 1836, (Mandaçaia) *Scaptotrigona bipunctata* Lepeletier, 1836 (Tubuna) e *Tetragona clavipes* Fabricius, 1804 (Borá).

As abelhas sem ferrão (ASF) estavam ocupando caixas modelo Inpa, composta por quatro módulos dispostos verticalmente: ninho, sobreninho, uma melgueira e tampa, enquanto as africanizadas estavam instaladas em colmeias modelo Langstroth.

2.3. Coleta das amostras

Para as abelhas sem ferrão, mensalmente, sempre ao final do mês, com o auxílio de uma espátula, era retirada uma alíquota aproximadamente 10 gramas de pólen de cada colônia (caso houvesse estoque), diretamente dos potes de pólen depositados no ninho. Para as africanizadas, quinzenalmente, era colocado o coletor de pólen na entrada das colmeias, sendo o pólen retido durante dois dias, após os quais era colhido sempre ao final do dia. Posteriormente, pólen fresco era limpo, retirando-se as sujidades inerentes ao pó (abelhas mortas, larvas de abelhas, própolis). Um total de 245 amostras:

M. marginata (42) *M. quadrifasciata* (44), *S. bipunctata* (58) *T. clavipes* (46), e as africanizadas (55). Todas as amostras após as coletadas foram colocadas em tubo *falcon*® de 50mL identificados por colônia, e levados ao *freezer* a - 20°C até o momento das análises.

2.4. Análise do pólen

Para as análises, o pólen contido nas amostras retiradas mensais em cada colmeia, foi homogeneizado. No caso das africanizadas compondo uma única amostra mensal por cada colmeia. Cada amostra foi dividida em duas partes, sendo uma destinada à análise da origem botânica e a outra à bromatológica. Assim, para a mesma amostra mensal pôde-se obter informações sobre a composição das plantas poliníferas e sobre os valores nutricionais da dieta dos meliponíneos e africanizadas.

2.5. Análise da origem botânica do pólen

Para a identificação da origem botânica do pólen, as amostras foram mantidas em álcool 70% por 24 horas. Em seguida o material polínico foi centrifugado e o álcool descartado. Ao material polínico foram então adicionados 4mL de ácido acético glacial e mantido por 24 horas (Silva et al. 2014). Posteriormente o material foi acetolizado seguindo o método proposto por Erdtman (1960). Após a acetólise o material foi mantido em glicerina a 50%. Para cada amostra foi confeccionada uma lâmina usando gelatina Kisser e selada com veniz transparente.

Nas análises qualitativas, os tipos polínicos encontrados nas lâminas foram identificados por comparação com auxílio do microscópio ótico 1600x com os tipos polínicos das lâminas de referências (palinoteca) da área de estudo, depositada no Laboratório de Abelhas na Universidade Estadual de Maringá-PR e literaturas especializadas para a identificação do pólen coletado pelas abelhas (Miranda e Andrade 1990; Silva et al. 2010-2014). Nas análises quantitativas foram contados os primeiros 400 grãos de pólen encontrados em cada amostra (Montero e Tormo 1990). Em seguida, foram determinadas as porcentagens e classes de ocorrência de acordo com a classificação proposta por Barth (1970), Louveaux et al. 1970; Louveaux et al. 1978: pólen dominante (>45% do total de grãos de pólen presentes na lâmina), pólen acessório (de 15 a 45%), pólen isolado importante (3 a 15%) e pólen isolado ocasional (<3%).

2.6. Análise bromatológica

As análises bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal (LANA-DZO-UEM) do Departamento de Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá. As amostras de pólen foram descongeladas e levadas a uma mufla com circulação de ar forçado a 55°C, durante 72 horas. Transcorrido esse tempo, a amostra foi moída para passar através de uma peneira de 1 mm (Wiley Mill, Arthur H. Thomas, Philadelphia, PA, EUA). Todas as amostras citadas foram analisadas para matéria seca (MS; AOAC 1990; método número 930,15), cinzas (AOAC 1990; método número 924,05), proteína bruta (PB; AOAC 1990; método número 984,13) e para energia bruta as amostras de pólen foram secas em uma estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas (320-SE, FANEM, São Paulo, Brasil). Após a redução do volume foi realizada a determinação da energia bruta usando uma bomba calorimétrica adiabática (calorímetro isoperibol 6200, Parr Instrument Company, Moline, Estados Unidos).

2.7. Cor do pólen

Para a determinação da cor do pólen foram feitas medições da luminosidade Minolta (L^* , a^* , b^*) por meio de um colorímetro portátil CR-400 da Konica Minolta (configurações: Iluminante D65; 0° ângulo de visão e 4 auto-média). Os componentes L^* (luminosidade), a^* (vermelho esverdeado) e b^* (amarelo-azul) foram expressos no sistema de cores CIELAB. Foram utilizadas três repetições para cada amostra.

2.8. Análise estatística

As características nutricionais (proteína bruta, matéria seca, matéria mineral e energia bruta) e colorimétrica foram comparadas entre espécies por meio do teste Friedman. Esse teste foi utilizado após verificar que os dados não seguem uma distribuição normal, nem simétrica. Para o teste post-hoc utilizou-se o teste exato de comparações múltiplas para dados do tipo Friedman, de acordo com Eisinga (2017), para verificar entre quais espécies ocorreram diferença. Também foram investigadas as possíveis relações entre proteína bruta, matéria seca, matéria mineral e energia bruta do pólen com o uso da correlação de Spearman (Zar 2010).

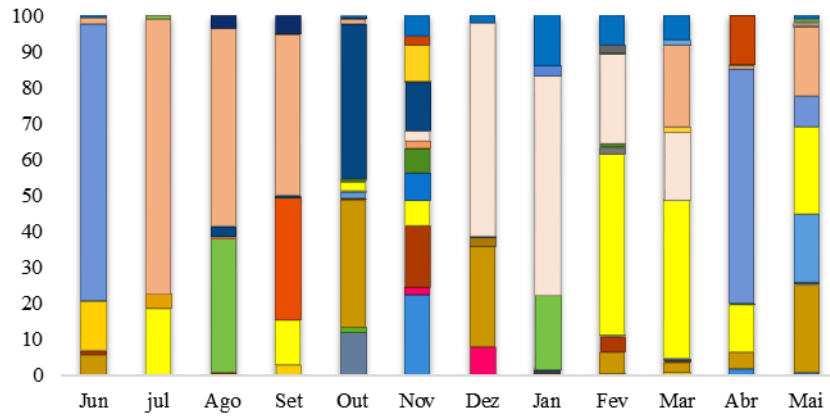
3. Resultados

No pólen das abelhas africanizadas foram encontradas 46 espécies de plantas ao longo do ano, sendo que o *Eucalyptus robusta* (fevereiro), o *Raphanus raphanistrum* (julho e agosto), a *Mimosa caesalpinifolia* (dezembro e janeiro) e a *Mimosa pigra* (junho e abril) foram dominantes. A *T. clavipes* foi amplamente generalista utilizando 69 espécies diferentes; mas, mesmo assim, nos meses de junho e julho, a espécie a *Alchornea triplinervia* foi dominante assim como também *Raphanus raphanistrum* no mês de agosto e a *Eriobotrya japonica* no meses de março e maio.

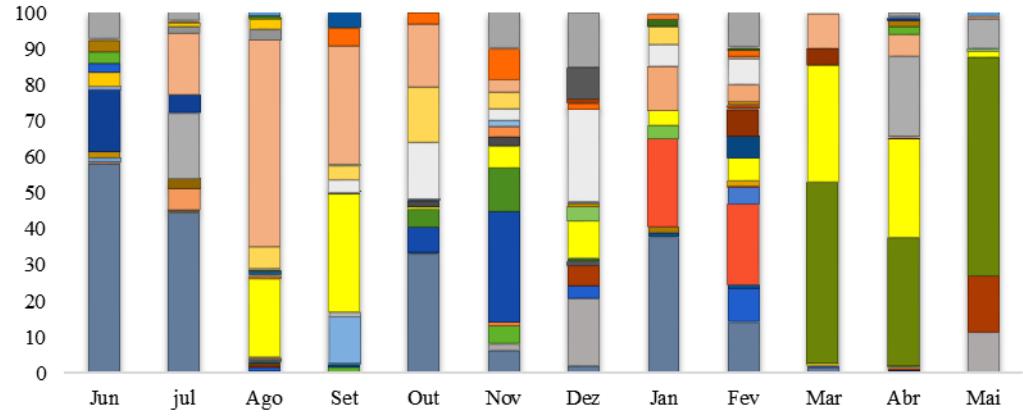
A *M. quadrifasciata* foi a espécie de abelha mais seletiva dentre as estudadas, utilizando-se somente 19 espécies de plantas, nos meses de setembro e maio, essa espécie foi muito específica concentrando em sua dieta um pólen monofloral (> 90%) de *Psidium guajava* e *Eucalyptus robusta*, respectivamente. O mesmo comportamento também ocorreu para a *M. marginata*, nos meses de julho (*Alchornea triplinervia*), dezembro (*Albizia niopoides*), fevereiro e março (*Eucalyptus robusta*) que também apresentaram pólen monofloral apesar de termos encontrado 36 espécies ao longo do ano.

A espécie *S. bipunctata* demonstrou mesmo comportamento das Meliponas estudadas pois, apesar de termos encontrado 33 espécies de plantas presente no pólen, no meses de junho (*Alchornea triplinervia*), outubro e dezembro (*Albizia niopoides*), novembro (*Psidium guajava*) e janeiro, fevereiro, março, abril, maio e agosto (*Eucalyptus robusta*), essa última espécie de planta esteve presente em todos os meses ao longo do ano (**Fig.1**) As espécies que foram dominantes >45% estão em negrito (**Fig.1**).

A. mellifera



T. clavipes



- *Ageratum coryzoides*
- *Alchornea triplinervia*
- *Amaranthus hybridus*
- *Baccharis dracunculifolia*
- *Callistemon citrinus*
- *Ceiba speciosa*
- *Commelina benghalensis*
- *Croton floribundus*
- *Eucalyptus robusta*
- *Fabaceae sp*
- *Galliesia integrifolia*
- *Hovenia dulcis*
- *Mesosphærum sidifolium*
- *Mimosa caesalpiniiifolia*
- *Mimosa pigra*
- *Psidium guajava*
- *Richardia brasiliensis*
- *Schizolobium paralyba*
- *Senna alata*
- *Serjania laruooteana*
- *Sonchus oleraceus*
- *Tabernaemontana catharinensis*
- *Vernonanthura polyant hes*

- *Albizia niopoides*
- *Alternanthera tenella*
- *Aspidosperma olivaceum*
- *Bidens pilosa*
- *Cecropia pachystachya*
- *Celtis iguanaea*
- *Cosmos sulphureus*
- *Emilia sonchifolia*
- *Eugenia uniflora*
- *Galinsoga parviflora*
- *Helioctarpus popayanensis*
- *Leucaena leucocephala*
- *Mikania glomerata*
- *Mimosa misera*
- *Moringa oleifera*
- *Raphanus raphanistrum*
- *Schinus terebinthifolia*
- *Senegalia velutina*
- *Senna sp.*
- *Sida rhombifolia*
- *Stylosanthes viscosa*
- *Tridax procumbens*
- *Zea mays*

- *Acmella brachygllosa*
- *Alchornea triplinervia*
- *Amaranthus hybridus*
- *Archontophoenix cunninghamiana*
- *Banisteriopsis muricata*
- *Bidens pilosa*
- *Casearia gossypiosperma*
- *Ceiba speciosa*
- *Chamissoa altissima*
- *Citrus latifolia*
- *Cordia trichotoma*
- *Croton floribundus*
- *Dolichandra unguis-cati*
- *Emilia sonchifolia*
- *Eucalyptus robusta*
- *Galinsoga parviflora*
- *Grevillea robusta*
- *Hovenia dulcis*
- *Leonotis nepetifolia*
- *Machaerium stipitatum*
- *Magnolia champaca*
- *Melia azedarach*
- *Mikania glomerata*
- *Murraya paniculata*
- *Passiflora edulis*
- *Piper analago*
- *Pombalia bigibbosa*
- *Raphanus raphanistrum*
- *Senna alata*
- *Sida rhombifolia*
- *Tabernaemontana catharinensis*
- *Trena micrantha*
- *Triumfetta semitriloba*
- *Vernonanthura polyant hes*
- *Zea mays*

- *Albizia niopoides*
- *Alternanthera tenella*
- *Anacardiaceae*
- *Baccharis dracunculifolia*
- *Bauhinia variegata*
- *Cajanus cajan*
- *Cedrela fissilis*
- *Celtis iguanaea*
- *Cyperaceae sp.*
- *Commelina benghalensis*
- *Dombeya wallichii*
- *Eriobotrya japonica*
- *Eugenia uniflora*
- *Galliesia integrifolia*
- *Helioctarpus popayanensis*
- *Justicia brasiliensis*
- *Leucaena leucocephala*
- *Machura tinctoria*
- *Mansonia difficilis*
- *Mesosphærum sidifolium*
- *Moringa oleifera*
- *Pachira aquatica*
- *Peltophorum dubium*
- *Poincianella pluviosa var. peltophoroides*
- *Psidium guajava*
- *Schizolobium paralyba*
- *Serjania laruooteana*
- *Stylosanthes viscosa*
- *Tipuana tipu*
- *Tridax procumbens*
- *Urochloa brizantha*
- *Youngia japonica*

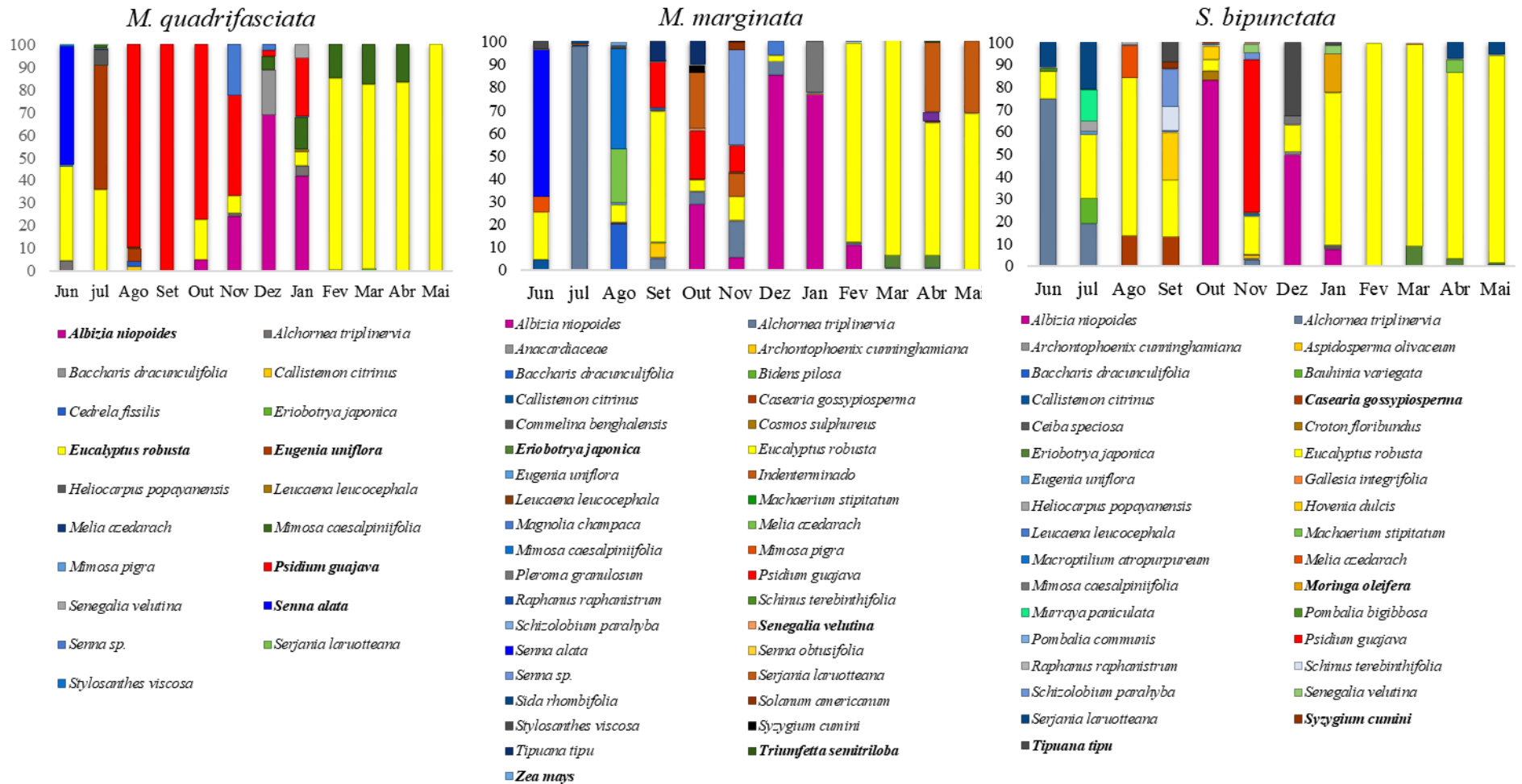


Figura 1 - Plantas utilizadas como fonte de pólen por abelhas *Apis mellifera scutellata*, *Tetragona clavipes*, *Melipona (melipona) quadrifasciata*, *Melipona ((Eomelipona) marginata* e *Scaptotrigona bipunctata* durante ciclo de um ano.

A porcentagem da proteína bruta do pólen das espécies *M. quadrifasciata* ($27,05 \pm 8,00\%$), *M. marginata* ($23,95 \pm 6,41\%$) e *S. bipunctata* ($21,27 \pm 2,92\%$) diferiram estatisticamente da *T. clavipes* ($16,81 \pm 3,99\%$), e a africanizada ($21,13 \pm 3,46$) foi igual a todas as espécies (**Fig. 2a**). A porcentagem da matéria seca encontrada no pólen da *M. quadrifasciata* ($89,77 \pm 2,77\%$) e *M. marginata* ($88,89 \pm 2,63\%$) apresentaram valores médios significativamente iguais quando comparada a africanizada ($90,42 \pm 3,18\%$), *T. clavipes* ($90,46 \pm 1,85\%$) e *S. bipunctata* ($87,99 \pm 2,81\%$) porém, a *S. bipunctata* se diferencia estatisticamente da africanizada e da *T. clavipes* (**Fig. 2b**).

Ao analisar os valores encontrados para a matéria mineral expresso em porcentagem verificamos que as espécies *M. marginata* ($2,78 \pm 0,64\%$) e *S. bipunctata* ($3,11 \pm 0,90\%$) são estatisticamente iguais a *M. quadrifasciata* ($4,08 \pm 0,97\%$), africanizada ($2,88 \pm 0,43\%$) e *T. clavipes* ($2,69 \pm 0,67\%$), entretanto a *M. marginata* se diferencia ($P < 0,05$) da africanizada e da *T. clavipes* (**Fig. 2c**) e por fim, para os valores de energia bruta encontrado no pólen das africanizadas ($4875,43 \pm 194,74\text{cal/g}$) e *T. clavipes* ($4850,85 \pm 142,06\text{ cal/g}$) foram significativamente igual as espécies *M. quadrifasciata* ($5113,24 \pm 239,45\text{ cal/g}$), *M. marginata* ($4848,77 \pm 175,55\text{cal/g}$) e *S. bipunctata* ($4703,38 \pm 112,42\text{ cal/g}$) mas, a *M. quadrifasciata* é diferente estatisticamente da *M. marginata* e da *S. bipunctata* (**Fig. 2d**).

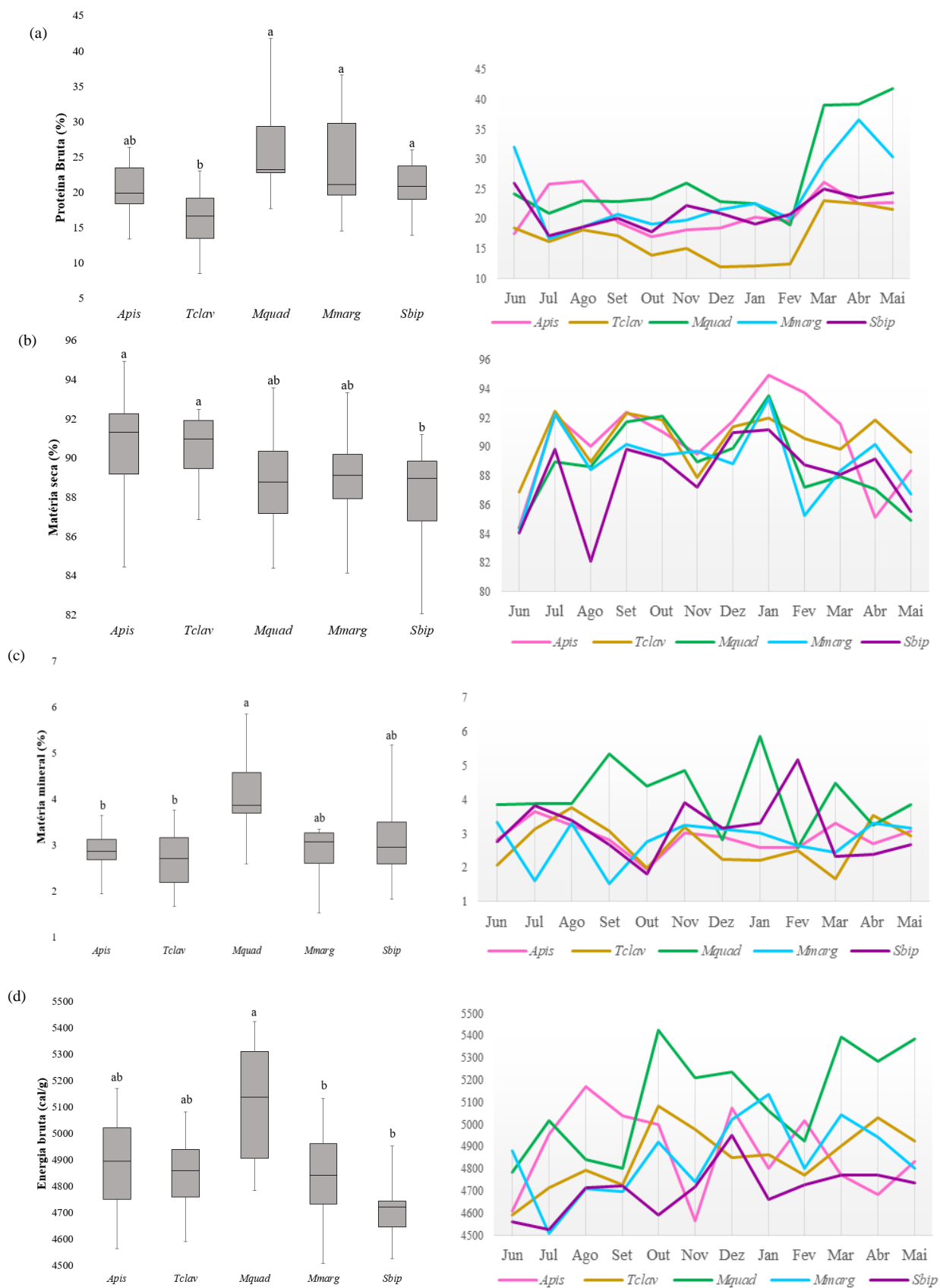


Figura 2- Análise físico-química do pólen coletado pelas espécies *Apis*= *Apis mellifera scutellata*; *T. clav*= *Tetragona clavipes*; *M. quad*= *Melipona (melipona) quadrifasciata*; *M. marg*= *Melipona (Eomalipona) marginata*; *S. bip*= *Scaptotrigona bipunctata* (a) proteínas bruta (b) Matéria seca (c) Matéria mineral (d) Energia bruta, valor total e ao longo do ano. a, b, c, de valores médios significativamente diferentes ($P < 0,01$).

Os parâmetros nutricionais proteína bruta x matéria seca (-0,261) da espécie *T. clavipes* apresentaram correlação negativa fraca, enquanto esses mesmos parâmetros para as demais espécies apresentaram correlação negativa muito fraca para a mesma correlação. Ao analisar a correlação existente entre a matéria mineral x matéria seca as espécies *S. bipunctata* (0,0137) e *M. quadrifasciata* (0,338) foram as únicas que apresentaram correlação positiva, observamos também para essas mesmas espécies correlação positiva moderada para as variáveis proteína bruta x energia bruta (0,468; 0,537, respectivamente). Os parâmetros nutricionais matéria seca x energia bruta apresentaram correlação positiva fraca (0,331) na espécie *africanizada* (Fig.3).



Figura 3- Correlação de Spearman entre os valores nutricionais do pólen Apis= *Apis mellifera scutellata*; *T. clavipes*= *Tetragona clavipes*; *M. quad*= *Melipona (Melipona) quadrifasciata*; *M. marg*= *Melipona (Eomelipona) marginata*; *S. bip*= *Scaptotrigona bipunctata* proteínas bruta (Pb) Matéria seca (Ms) Matéria mineral (Mm) Energia bruta (Eb)

A correlação da matéria seca com a umidade do ar foi negativa para o pólen coletado de todas as espécies, porém o pólen da espécie *T. clavipes* (-0,22) apresentou correlação negativa fraca, enquanto pólen das espécies *M. marginata* (-0,19), *africanizada* (-0,16), *S. bipunctata* (-0,07) e *M. quadrifasciata* (-0,06) tiveram correlação negativa muito fraca. Ao correlacionar a matéria seca com a precipitação, percebemos que o pólen das espécies seguintes apresentaram correlações variadas, a *M. marginata* (0,60) retratou correlação positiva moderada, a *africanizada* (0,37) correlação

positiva fraca, a *M. marginata* (0,12) e a *T. clavipes* (0,03) correlação positiva muito fraca e pôr fim a *S. bipunctata* (-0,09) foi a única espécie que apontou a correlação negativa muito fraca em relação ao pólen.

A correlação entre a matéria seca e a temperatura máxima foi positiva para o pólen de todas as espécies, apresentando variação de acordo com a intensidade, forte para a africanizada (0,69), moderada, *M. quadrifasciata* (0,52) e *S. bipunctata* (0,47), fraca *T. clavipes* (0,29) e muito fraca *M. marginata* (0,14). A correlação entre a matéria seca e a temperatura mínima também foi positiva variando de moderada para o pólen da espécie *S. bipunctata* (0,55), fraca africanizada (0,29), *M. quadrifasciata* (0,27), *T. clavipes* (0,21) e muito fraca *M. marginata* (0,13) (Fig. 4).

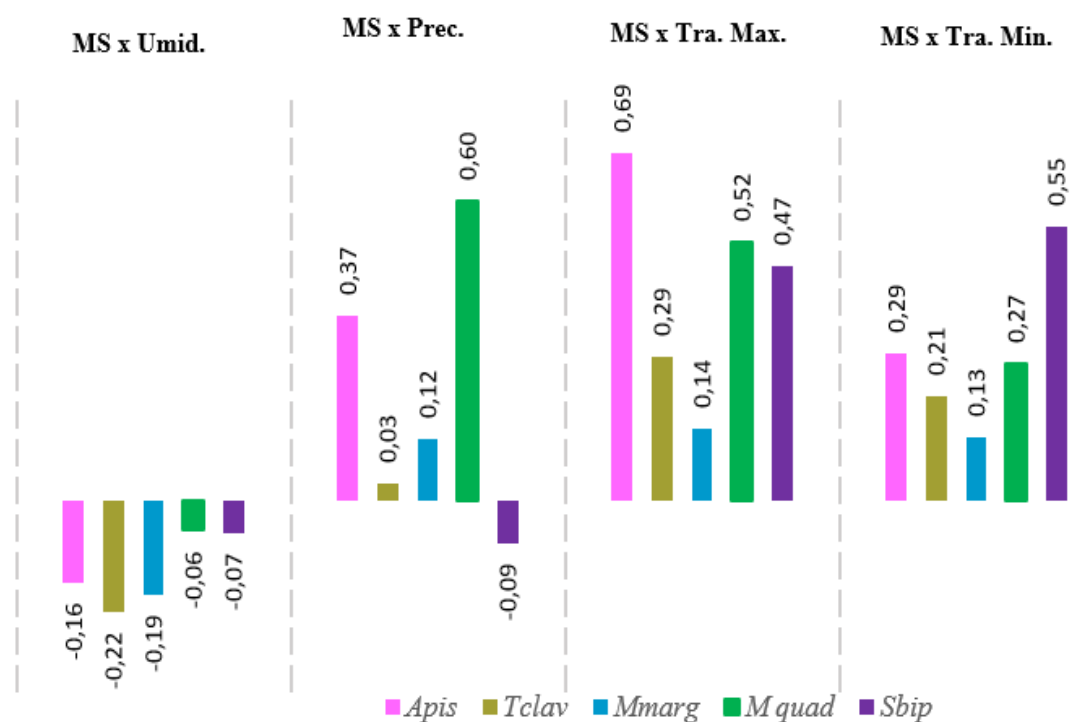


Figura 4 Correlação entre dado meteorológicos (MS= matéria seca e umidade; prec.=precipitação; Tra.Max=Temperatura máxima; Tra.Min.= Temperatura mínima) nas espécies *Apis*= *Apis mellifera scutellata* ; *T. clav*= *Tetragona clavipes*; *M. quad*= *Melipona (Melipona) quadrifasciata*; *M. marg*= *Melipona (Eomelipona) marginata*; *S. bip*= *Scaptotrigona bipunctata*.

A determinação da luminosidade do pólen (Fig. 5a), foi possível observar que as espécies *T. clavipes* (54,90) e *S. bipunctata* (54,82) foram significativamente diferentes ($P < 0,01$) das demais que apresentaram variação de 60,28 a 61,18 no valor de L^* (Luminosidade). Ao analisarmos os valores de a^* (verde ao vermelho) (Fig. 5b)

notamos que o pólen da espécie *T. clavipes* (8,94) foi a única diferente estatisticamente. Os valores de b^* (amarelo azul) (**Fig. 5c**) teve comportamento similar porém, a única espécie que se diferenciou das demais foi a *S. bipunctata* (16,01). Essa variação pode ser observada ao longo do período de estudo (**Fig. 6**)

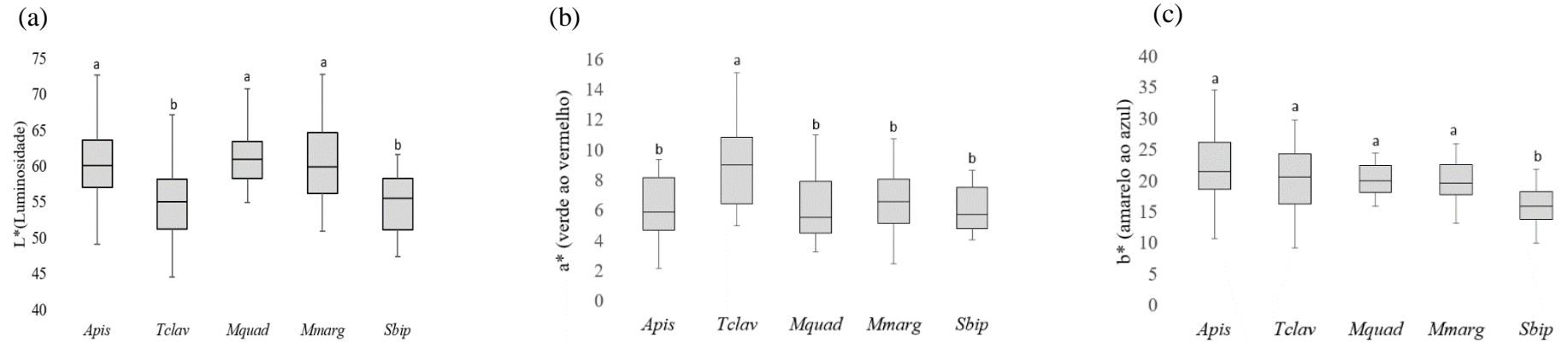


Figura 5- Análise colorimétrica, sistema de cores CIELAB no pólen de *Apis*= *Apis mellifera scutellata*; *T. clav*= *Tetragona clavipes*; *M. quad*= *Melipona (Melipona) quadrifasciata*; *M. marg*= *Melipona (Eomelipona) marginata*; *S. bip*= *Scaptotrigona bipunctata*. a, b, c, de valores médios significativamente diferentes ($P < 0,01$).

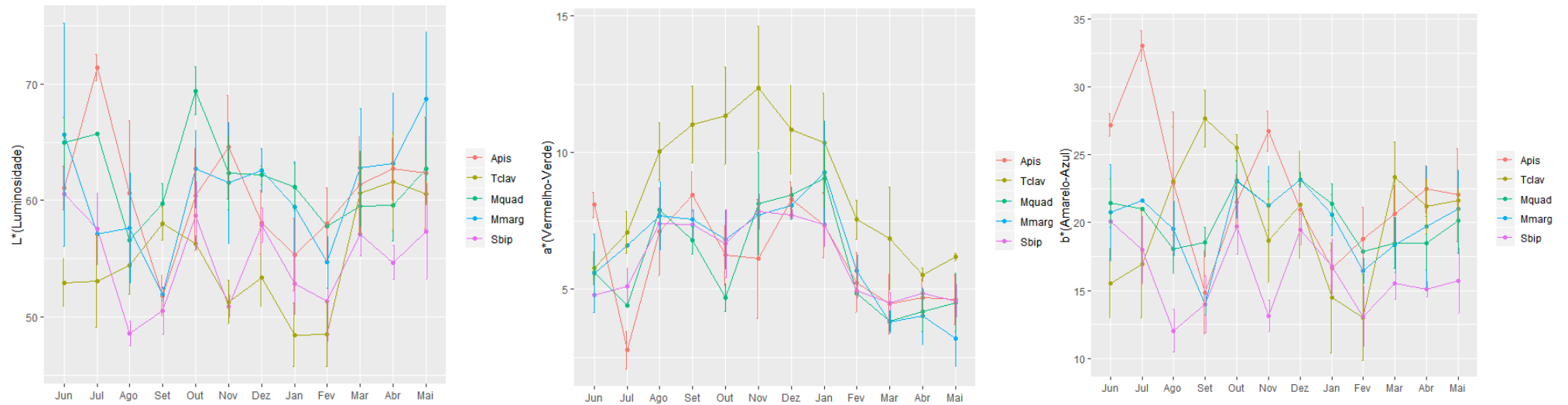


Figura 6- Análise colorimétrica, sistema de cores CIELAB no pólen das espécies *Apis*= *Apis mellifera scutellata*; *T. clav*= *Tetragona clavipes*; *M. quad*= *Melipona (Melipona) quadrifasciata*; *M. marg*= *Melipona (Eomelipona) marginata*; *S. bip*= *Scaptotrigona bipunctata* ao longo do ano.

4. Discussão

Os meliponíneos e a espécie *A. mellifera* formam um grupo de abelhas eusociais. Considerado extremamente generalistas na coleta de pólen, esses insetos utilizam uma grande diversidade de plantas, moldando as fontes de pólen para a manutenção de adultos e imaturos, buscando ativamente grande diversidade de recursos florais ao longo do ano (Michener 2007; Ramalho et al. 2007; Pacheco-Filho et al. 2014; Vossler 2018). Porém, em nosso estudo, as espécies do gênero *Melipona* e *S. bipunctata* foram mais especializadas em algumas fontes poliníferas que o restante das espécies de acordo com as análises palinológicas.

A procura por alimentos e os mecanismos que regulam a sua quantidade e qualidade são peculiaridades ecológicas importantes na evolução de todos os organismos (Pankiw et al. 1998). Dessa forma, vários fatores podem influenciar a diversidade ou constância do pólen coletado pelas abelhas forrageiras, dentre esses o tamanho da colônia, a morfologia, a comunicação e a disponibilidade de pólen (Kajobe 2006). A alta disponibilidade de recursos específicos faz com que as abelhas do gênero *Melipona* sejam fiéis a uma fonte floral para manutenção das colônias (Law et al. 2000). Esse comportamento pôde ser observado no nosso estudo, de forma que as abelhas desse gênero utilizaram, em maior proporção na sua dieta as espécies *E. robusta*, *A. triplinervia*, *A. niopoides* e *P. guajava*, diferenças comportamentais afetaram também o valor nutricional de cada pólen.

O valor nutricional apresentou variação entre as espécies de abelhas como ocorreu nos níveis de proteínas encontrados, no qual, pode-se perceber que o pólen da *T. clavipes* foi inferior às demais espécies. Isso provavelmente está relacionado ao tamanho da população, assim como o desenvolvimento larval, que necessitam de quantidade de proteína ideal que atendam às necessidades fisiológicas para cada espécie (Roulston e Cane 2002; Degrandi-Hoffman et al. 2010). Além disso, para compensar o nível baixo de proteína, as abelhas forrageiras exploram uma diversidade maior de plantas para ajustar a demanda momentânea de nutrientes, aumentando o esforço de forrageamento para manter a homeostase da colônia regulando a coleta de pólen, o consumo e o tamanho da população (Carroll et al. 2017).

A *M. quadrifasciata* e *M. marginata* apresentam comportamento comum entre as abelhas do gênero *Melipona*, pois essas realizam o “*buzz polination*”, ou seja, apresentam a capacidade de vibrar as flores a qual visitam, isso ocorre pelas vibrações

que são efetuadas por meio da contração e relaxamento dos músculos de voo e assim coletam o pólen (Ramalho et al. 2007). Essa remoção é essencial para a reprodução das plantas bem como para o forrageamento dessas abelhas, o que maximiza a coleta do pólen para o desenvolvimento larval e assim, garantir o sucesso da colônia, porém todo esse processo de voar e vibrar as flores consomem muita energia e podem aumentar o risco de mortalidade. Além disso, essas espécies necessitam de mais proteína quando comparado as demais espécies (Goulson 2010; Arroyo-Correa et al. 2019).

A variação dos níveis de proteína ao longo dos meses entre todas espécies pode ser atribuído principalmente a origem floral (Souza et al. 2018; Nascimento et al. 2019). No entanto, observamos que houve meses com picos maiores de proteína, principalmente na dieta das abelhas do gênero *Melipona*, porém quando verificamos a origem floral nesse mesmo período é possível observar a predominância do mesmo tipo floral em todas as espécies de abelhas analisadas, mas com valores de proteínas diferentes. Esse comportamento pode ser atribuído ao tipo de armazenamento do pólen pois, mudanças bioquímicas ocorre devido a presença de diferentes microrganismos, como leveduras e bactérias que adicionam enzimas relacionadas à clivagem de proteína (Menezes et al. 2013; Vit et al. 2018).

Para a proliferação dos microrganismos são necessários condições propícias, dentre esses estão pH, temperatura, substratos e umidade (Menezes et al. 2012; Menezes et al. 2013). No presente estudo identificamos que o pólen estocados por *T. clavipes* e africanizadas apresentaram maior teor de matéria seca e, conseqüentemente, menor umidade, contendo variações ao longo do ano, isso é devido esse material ser altamente higroscópico, sendo, portanto, grandemente afetado pelas condições ambientais dessa forma, oscilação dos níveis de matéria seca estão correlacionados com fatores climáticos (Melo et al. 2018; Chen et al. 2019).

A composição mineral do pólen, é de extrema importância para muitos organismos. Esta por sua vez, pode sofrer interferência de fatores edafoclimáticos e a origem botânica podem interferir na condição nutritiva da planta, crescimento, desenvolvimento, na formação e liberação de compostos químicos específicos no pólen floral, que afetam o comportamento de forrageamento de diversas espécies de abelhas que seleciona e poliniza esse tipo de flora (Dötterl e Vereecken 2010; Yang et al. 2013; Ceulemans et al. 2017; Mohammad et al. 2020).

A diferença no comportamento das espécies de abelha em nosso estudo, contribui na variação nos níveis de energia bruta, uma vez que o cálculo simplificado do valor energético de um alimento depende das quantidades de proteínas, carboidratos e lipídeos presentes nele, interferindo na correlação com esses macronutrientes (Rebelo et al. 2016). Outra substância pegajosa que pode contribuir nos níveis de energia bruta é *pollenkitt* presente na superfície do grão, sendo essa uma mistura hidrofóbica de materiais, composto principalmente de lipídios, proteínas, pigmentos e compostos aromáticos que contribui com o aumento dos níveis energéticos em determinada espécie (Pacini e Hesse 2005; Lin et al. 2013; Roubik e Patiño 2018).

As cores do pólen variaram ao longo do ano de acordo com a origem floral que compuseram a dieta das abelhas. Esse pólen coletado pelas abelhas muitas vezes são associados a cor da flor e são usados pelos produtores como um importante marcador para identificação da origem botânica do grão. No entanto, essa técnica não é muito aceita e confiável devido à variação de cor que existe entre as plantas, pois polens de plantas diferentes podem apresentar cores semelhantes que pode estar relacionado a afinidades filogenéticas entre táxons (Kirk 2018). Porém, esse conhecimento popular adicionado a técnica de palinologia e levantamentos florísticos locais, contribui para uma identificação precisa das plantas poliníferas locais (Conti et al. 2016; Souza et al. 2018).

5. Conclusão

Os meliponíneos e as africanizadas utilizaram uma diversidade de plantas como fonte polinífera, nas espécies *M. quadrifasciata* e *M. marginata* e *T. bipunctata* em menor intensidade e moldaram a sua dieta de acordo com os táxons disponíveis, compartilhando mesmo nicho trófico em algumas floradas específicas com as demais espécies. Em relação ao valor nutricional, as abelhas do gênero *Meliponas* estocam pólen com valores proteico mais elevado. As abelhas utilizadas não seguem um padrão de cor no pólen estocado e variam ao longo do ano em todas as espécies sendo influenciado principalmente pela flora utilizada por cada espécie.

6. Referências

- Aleixo KP, de Faria LB, Groppo M, do Nascimento Castro MM & da Silva CI (2014) Spatiotemporal distribution of floral resources in a Brazilian city: Implications for the maintenance of pollinators, especially bees. *Urban Forestry & Urban Greening* 13: 689-696.
- Almeida-Muradian LB, Sousa RJ, Barth OM, Gallmann P (2014) Preliminary data on Brazilian monofloral honey from the northeast region using FT-71 IR ATR spectroscopic, palynological, and color analysis. *Química Nova* 37: 716-719.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC) (1990) Official methods of analysis. *Association of Official Analytical Chemists* 15: 684.
- Arroyo-Correa B, Beattie C, Vallejo-Marín M (2019) Bee and floral traits affect the characteristics of the vibrations experienced by flowers during buzz pollination. *Journal of Experimental Biology* 222: 1-12.
- Barth OM (1970) Análise microscópica de algumas amostras de mel. 1. Pólen dominante. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 42: 351-366.
- Barth OM (2004) Melissopalynology in Brazil: A review of pollen analysis of honeys, propolis and pollen loads of bees. *Scientia Agricola* 61: 342–350.
- Barros ZX, Tornero MT, Stipp NA, Cardoso LG, Pollo RA (2004) Estudo da adequação

do uso do solo, no município de Maringá-PR, utilizando-se de geoprocessamento. *Engenharia Agrícola* 24: 436-444.

Carroll MJ, Brown N, Goodall C, Downs AM, Sheenan TH, Anderson KE (2017) Honey bees preferentially consume freshly-stored pollen. *Plos one* 12: 1-21.

Ceulemans T, Hulsmans E, Ende WV, Honnay O (2017) Nutrient enrichment is associated with altered nectar and pollen chemical composition in *Succisa pratensis* Moench and increased larval mortality of its pollinator *Bombus terrestris* L. *Plos one* 12: 1-15.

Chen L, Chen Y, Chen L, Gu W, Peng C, Luo S, Tang M (2019). Hygroscopic properties of 11 pollen species in China. *ACS Earth and Space Chemistry* 3: 2678-2683.

Conti I, Medrzycki P, Grillenzoni FV, Corvucci F, Tosi S, Malagnini V, Mariotti MG (2016) Floral diversity of pollen collected by honey bees (*Apis mellifera* L.)—validation of the chromatic assessment method. *Journal of Apicultural Science* 60: 209-220.

Degrandi-Hoffman G, Chen Y, Huang E, Huang MH (2010) The effect of diet on protein concentration, hypopharyngeal gland development and virus load in worker honey bees (*Apis mellifera* L.). *Journal of Insect Physiology* 56: 1184-1191.

Dötterl S, Vereecken NJ (2010) The chemical ecology and evolution of bee–flower interactions: a review and perspectives. *Canadian Journal of Zoology* 88: 668-697.

- Duarte AWF, Vasconcelos MRDS, Oda-Souza M, Oliveira, FFD, López AMQ (2018) Honey and bee pollen produced by Meliponini (Apidae) in Alagoas, Brazil: multivariate analysis of physicochemical and antioxidant profiles. *Food Science and Technology* 38: 493-503.
- Erdtman G (1960) The acetolized method. A revised description. *Svensk Botanisk Tidskrift* 54: 561-564.
- Eisinga R, Heskes T, Pelzer B, Te Grotenhuis, M (2017) Exact p-values for pairwise comparison of Friedman rank sums, with application to comparing classifiers. *BMC bioinformatics* 18: 68.
- Faria LBD, Aleixo KP, Garófalo CA, Imperatriz-Fonseca VL & Silva CID (2012) Foraging of *Scaptotrigona aff. depilis* (Hymenoptera, Apidae) in an urbanized area: Seasonality in resource availability and visited plants. *Psyche A Journal of Entomology* 2012: 1-12.
- Goulson D (2010) *Bumblebees: behaviour, ecology, and conservation* (2nd ed). Oxford University Press, New York
- Graikou K, Kapeta S, Aligiannis N, Sotiroidis G, Chondrogianni N, Gonos E, Chinou I (2011) Chemical analysis of Greek pollen-Antioxidant, antimicrobial and proteasome activation properties. *Chemistry Central Journal* 5: 33.

Hendriksma HP e Shafir S (2016) Honey bee foragers balance colony nutritional deficiencies. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 70: 509-517.

IBGE (2012) Manual técnico da vegetação brasileira. Manuais técnicos em geociências, 1.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Disponível em: <<http://www.inpe.br/>>. Acesso em 18 de fevereiro de 2020

Kajobe R (2006) Pollen foraging by *Apis mellifera* and stingless bees *Meliponula bocandei* and *Meliponula nebulata* in Bwindi impenetrable National Park, Uganda. *African Journal of Ecology* 45: 265.

Kirk WDJ (2018) The colours of pollen available to honey bees through the year. *Bee World* 95: 74-77.

Komosinska-Vassev K, Olczyk P, Kaźmierczak J, Mencner L, Olczyk K (2015) Bee pollen: chemical composition and therapeutic application. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* 2015: 1-6.

Law B, Mackowski C, Schoer L, Tweedie T (2000) Flowering phenology of myrtaceous trees and their relation to climatic, environmental and disturbance variables in northern New South Wales. *Austral Ecology* 25:160–178.

Lin H, Gomez I, Meredith JC (2013) Pollenkitt wetting mechanism enables species-specific tunable pollen adhesion. *Langmuir* 29: 3012-3023.

Louveaux J, Maurizio A, Vorwohl G (1970) Methods of melissopalynology. *Bee World* 51:25-138.

Louveaux J, Maurizio A, Vorwohl G (1970) Methods of melissopalynology. *Bee World* 59:139-157.

Maack R (1968) *Geografia física do Estado do Paraná*. Curitiba: BADEP. 350.

Menezes C, Vollet-Neto A, Contrera FAFL, Venturieri GC, Imperatriz-Fonseca VL (2013) The role of useful microorganisms to stingless bees and stingless beekeeping. In: Vit P, Pedro SRM, Roubik DW (eds) *Pot-Pollen in Stingless Bee Melittology*, 1rd edn. Springer, Cham, pp 153-171.

Menezes C, Vollet Neto A, Fonseca VLI (2012) A method for harvesting unfermented pollen from stingless bees (Hymenoptera, Apidae, Meliponini). *Journal of Apicultural Research*, 51: 240-244.

Melo AAM, Freitas ADS, Barth OM, Almeida-Muradian LB (2018) Produção, beneficiamento e adequação à legislação do pólen apícola desidratado, produzido no Brasil. *Revista Ciência em Extensão* 14: 55-73.

Michener CD (2007). *The bees of the world*. Johns Hopkins University Press, Baltimore

- Miranda MMB, Andrade TAP (1990) Fundamentos de palinologia. Fortaleza: Imprensa Universitária da Universidade Federal do Ceará.
- Mohammad SM, Mahmud-Ab-Rashid NK, Zawawi N (2020) Botanical Origin and Nutritional Values of Bee Bread of Stingless Bee (*Heterotrigona itama*) from Malaysia. *Journal of Food Quality* 2020: 1-12.
- Montero I, Tormo R (1990) Análisis polínico de mieles de cuatro zonas montañosas de Extremadura. *Annals Asociación de Palinólogos de Lengua Española*. 5: 71-78.
- Nascimento JEM, Freitas BM, de Souza PFAJ, Pereira ES, Meneses HM, Alves JE da Silva CI (2019) Temporal variation in production and nutritional value of pollen used in the diet of *Apis mellifera* L. in a seasonal semideciduous forest. *Sociobiology* 66: 263-273.
- Oliveira FPM, Absy ML, Miranda IS (2009) Recurso polínico coletado por abelhas sem ferrão (Apidae, Meliponinae) em um fragmento de floresta na região de Manaus-Amazonas. *Acta Amazonica* 39: 505-518.
- Pacini E, Hesse M (2005) Pollenkitt—its composition, forms and functions. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* 200: 399-415.

- Pacheco Filho AJS, Verola CF, Verde LWL, Freitas BM (2015) Bee-flower association in the Neotropics: implications to bee conservation and plant pollination. *Apidologie* 46: 530-541.
- Pascoal A, Rodrigues S, Teixeira A, Feás X, Estevinho LM (2014) Biological activities of commercial bee pollens: Antimicrobial, antimutagenic, antioxidant and antiinflammatory. *Food and Chemical Toxicology* 63: 233–9.
- Pankiw T, Page JR RE, Fondrk M K (1998) Brood pheromone stimulates pollen foraging in honey bees (*Apis mellifera*). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 44: 193-198.
- Ramalho M, Silva MD Carvalho, CAL (2007) Dinâmica de uso de fontes de pólen por *Melipona scutellaris* Latreille (Hymenoptera: Apidae): uma análise comparativa com *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae), no Domínio Tropical Atlântico. *Neotropical Entomology* 36: 38-45.
- Rebello KS, Ferreira AG, Carvalho-Zilse GA (2016) Physicochemical characteristics of pollen collected by Amazonian stingless bees. *Ciências Rural* 46: 927-932.
- Roubik DW e Patiño JEM (2018) Pot-pollen as a discipline: what does it include? In: Vit P, Pedro SRM, Roubik DW (eds) *Pot-Pollen in Stingless Bee Melittology*, 1rd edn. Springer, Cham, pp 3-15.

- Roulston TH, Cane JH (2002) The effect of pollen protein concentration on body size in the sweat bee *Lasioglossum zephyrum* (Hymenoptera: Apiformes). *Evolutionary Ecology* 16: 49–65.
- Rodriguez Y J, Vázquez-Sánchez M, Cruz-Cárdenas G, Villaseñor J L (2019). Use of ecological niche models of plant species to optimize placement of apiaries. *Journal of Apicultural Science* 63:1-23
- Silva CI, Ballesteros PLO, Palmero MA, Bauermann SG, Evaldt ACP, Oliveira P E (2010) Catálogo polínico: Palinologia aplicada em estudos de conservação de abelhas do gênero *Xylocopa* no Triângulo Mineiro. Edufu, Uberlândia
- Silva CI, Aleixo KP, Nunes-Silva B, Freitas BM, Imperatriz-Fonseca VL (2014) Guia ilustrado de abelhas polinizadoras no Brasil, Instituto Avançado da Universidade de São Paulo São Paulo
- Song XD, Mujumdar AS, Law CL, Fang XM, Peng WJ, Deng LZ & Xiao HW (2019) Effect of drying air temperature on drying kinetics, color, carotenoid content, antioxidant capacity and oxidation of fat for lotus pollen. *Drying Technology* 1-14.
- Souza RR, De Abreu, VHR, De Novais, JS (2018) Melissopalynology in Brazil: a map of pollen types and published productions between 2005 and 2017. *Palynology* 43: 690-700.

- Szczesna T, Rybak-Chmielewska H & Chmielewski W (2002) Sugar composition of pollen loads harvested at different periods of the beekeeping season. *Journal of Apicultural Science* 2:107-115.
- Veloso HP, Góes-Filho L (1982) Fitogeografia brasileira - classificação fisionômicoecológica da vegetação neotropical. *Boletim Técnico Projeto RADAMBRASIL – Série Vegetação* 1: 1-80.
- Villanueva-Gutiérrez R, Roubik DW & Porter-Bolland L (2015) Bee–plant interactions: competition and phenology of flowers visited by bees. *Biodiversity and Conservation of the Yucatán Peninsula* 131–152.
- Vit P, Pedro SRM, Roubik DW (2018) (Ed.). *Pot-pollen in stingless bee melittology*. Springer, Cham
- Vossler FG (2018) Are stingless bees a broadly polylectic group? An empirical study of the adjustments required for an improved assessment of pollen diet in bees. In: Vit P, Pedro SRM, Roubik DW (eds) *Pot-Pollen in Stingless Bee Melittology*, 1rd edn. Springer, Cham, pp 17-28.
- Yang K, Wu D, Ye X, Liu D, Chen J, Sun P (2013) Characterization of chemical composition of bee pollen in China. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 61: 708–718.

Cosiderações finais

Os meliponíneos constroem potes de mel de diferentes dimensões seguindo padrão independente da estação. Também existem espécies que apresentam maior capacidade produtiva, tanto para mel, principal produto explorada pelos melíponicultores, como para produção de propólis a *S. bipunctata* tem maior capacidade de armazenar e dentre as melíponas a *M. quadrifasciata* em estocar geoprópolis. Em relação aos valores nutricionais e características físico-químicas do mel e pólen, podem sofrer alterações ao longo das estações, sendo estes influenciados pela origem botânica que utilizaram como fonte de néctar e pólen, pois esses insetos mostraram-se generalistas quanto a coleta de recursos tróficos. No entanto, em alguns períodos do ano os meliponíneos podem concentrar a dieta em determinadas plantas que tem floração em massa, estocando o máximo de recursos para períodos de pouca oferta no campo.